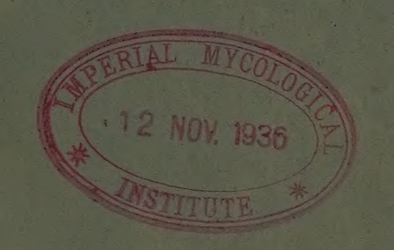




ANNALES
DES ÉPIPHYTIES
ET
DE PHYTOGÉNÉTIQUE

NOUVELLE SÉRIE. — VOL. I. 1934-1935.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION DE L'AGRICULTURE

ANNALES DES ÉPIPHYTIES ET DE PHYTOGÉNÉTIQUE

ORGANE DES STATIONS ET LABORATOIRES DE RECHERCHES

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION SCIENTIFIQUE DE :

P. MARCHAL, membre de l'Institut, directeur honoraire de la Station centrale de Zoologie agricole;
E. SCHRIBAUX, membre de l'Institut, directeur honoraire de la Station centrale de Phytogénétique;
E. FOEX, directeur de la Station centrale de Pathologie végétale.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA RÉDACTION :

P. REY, inspecteur général des Stations et Laboratoires de Recherches agronomiques.

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

1936

NOTA. — La présente publication fait suite aux *Annales des Épiphyties.*

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL DE LA RÉDACTION :

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES AGRONOMIQUES, À VERSAILLES.

ÉTUDE DE QUELQUES AVOINES FATUOÏDES

par L. Alabouvette et Mme R. Friedberg.

SOMMAIRE.

I. INTRODUCTION.

Le nom d'« Avoine fatuoïde » a été donné par Nilsson-Ehle à certaines formes aberrantes apparaissant brusquement dans les cultures et ne se distinguant de la variété d'avoine dans laquelle elles prennent naissance que par certains caractères du grain.

Les fatuoïdes les plus communément rencontrées appartiennent à deux types principaux :

1° *Les Fatuoïdes homozygotes,* ou fausses folles avoines, qui se reproduisent fidèlement, sans disjonction, et sont caractérisées par :

— une arête forte ou très forte, genouillée et enroulée à la partie inférieure, sur chacun des grains de l'épillet;

— une cicatrice nette, creuse, ovale, munie d'un bourrelet à la base de chaque grain : c'est la surface de séparation du grain et de son pédicelle. Tandis que chez l'avoine cultivée l'épillet reste attaché au pédicelle, ici la rupture entre le grain et le pédicelle est très facile et les grains tombent séparément avant la maturité complète;

— des soies denses, plus ou moins longues, sur le bourrelet qui borde la cicatrice de chaque grain et des poils sur la baguette ou axe de l'épillet.

Ces caractères de l'épillet et du grain rapprochent ce type de l'avoine *A. fatua* vraie (voir fig. 1), d'où son nom.

2° *Les Fatuoïdes hétérozygotes,* les plus fréquentes, caractérisées par :

— un épillet à une seule arête, mais toujours plus forte que celle de l'*A. sativa* dans laquelle elles prennent naissance;

— une touffe de soies plus ou moins denses, plus ou moins longues de chaque côté de la cicatrice du grain de base qui reste à peu près normale.

Ces formes autofécondées ne sont pas constantes. Elles se disjoignent en donnant naissance à :

— des types *sativa* faisant retour à la variété d'origine et qui se reproduisent ensuite fidèlement;

— des types *fatua* pour certains caractères du grain (fatuoïdes homozygotes) se reproduisant fidèlement;

— des types fatuoïdes hétérozygotes analogues à la mère et qui continuent à se disjoindre.

Les proportions suivant lesquelles se fait la disjonction sont variables et ont permis à Huskins (10) de classer les fatuoïdes en différents groupes sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir. Le plus souvent la disjonction se fait suivant le schéma : 1 sativa — 2 fatuoïdes hétérozygotes — 1 fatuoïde homozygote.

II. HYPOTHÈSES RELATIVES À L'ORIGINE DES AVOINES FATUOÏDES.

De nombreux auteurs, à la suite de Nilsson-Ehle (15), ont rencontré et décrit des avoines fatuoïdes dont ils ont cherché à expliquer le mode d'apparition, tantôt par le croisement naturel, tantôt par la mutation, tantôt par aberration chromosomique.

Croisement naturel. — Pour Zade (24), Tschermak (23), Crepin (4), les formes fatuoïdes que l'on rencontre dans les cultures proviennent du croisement naturel de l'avoine cultivée par *A. fatua*. En faveur de cette hypothèse, les arguments émis sont les suivants :

Quand on croise artificiellement *A. sativa* et *A. fatua,* on obtient en première génération des individus dont les caractères de l'épillet et du grain sont identiques à ceux des Fatuoïdes hétérozygotes. Les plantes F_1 autofécondées se disjoignent généralement, quant aux caractères envisagés jusqu'ici, en : *A. sativa :* intermédiaires : *A. fatua,* dans des proportions voisines de 1 : 2 : 1, donc, de la même façon que la majorité des fatuoïdes hétérozygotes.

Parmi les descendants faisant retour à *A. fatua,* il en est qui ont pu hériter des caractères végétatifs, de la couleur, du port de la panicule de *A. sativa,* tous caractères qui ne sont pas liés à ceux du grain. Ces types ne se distingueront pas de ce qu'on est convenu d'appeler des Fatuoïdes homozygotes.

De même, parmi les descendants «Intermédiaires», il peut s'en trouver qui ressemblent pour tous les autres caractères à *A. sativa;* ils ne se distingueront pas davantage de ce qu'on est convenu d'appeler Fatuoïdes hétérozygotes et se comporteront de même façon dans les générations ultérieures.

Le croisement naturel entre *A. fatua* et *A. sativa* étant fréquemment réalisé dans la nature, on peut concevoir que beaucoup de formes fatuoïdes naissent, soit directement du croisement d'*A. sativa* avec des folles avoines vraies, soit par recroisement avec des types *fatua* provenant déjà de croisements naturels

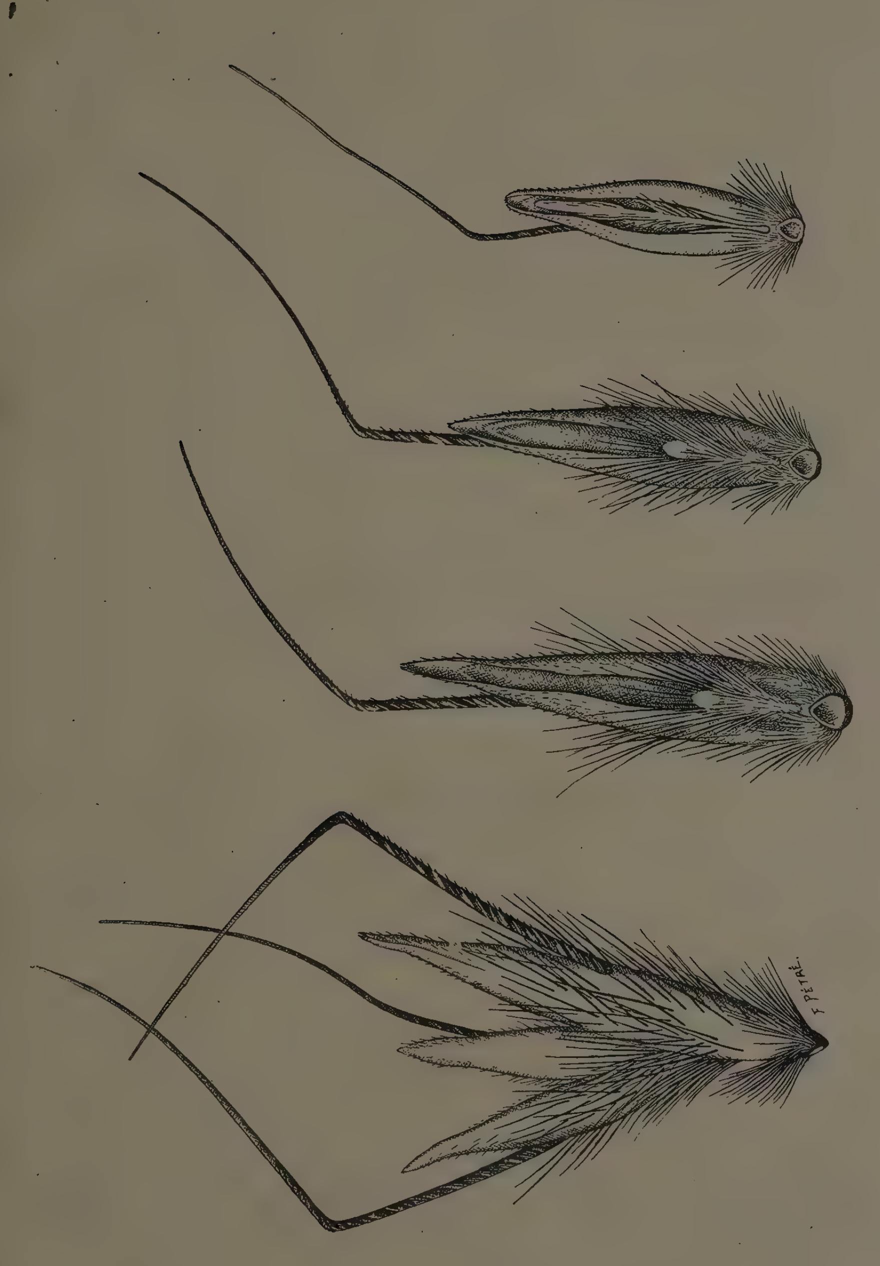


Fig. 1. — *Avena fatua* (épillet et ses grains séparés).

A. fatua × *A. sativa,* ce qui augmenterait les chances d'avoir des fatuoïdes ressemblant en tout point à l'avoine cultivée dans laquelle elles sont rencontrées.

De plus, dans certains croisements *A. sativa* × *A. fatua,* Tschermak a obtenu, pour les caractères du grain donnant l'aspect fatuoïde, une disjonction bifactorielle qui explique la formation d'intermédiaires stables et l'apparition, dans les générations ultérieures, de formes sauvages (fatuoïdes homozygotes) à partir de types *A. sativa.*

D'autre part, Zade et Crepin, insistent sur l'abondance des fausses folles avoines partout où *A. fatua* est fréquemment rencontrée dans la nature.

Mutation. — Pour Nilsson-Ehle (16-17), les fatuoïdes ne proviennent pas du croisement naturel avec *A. fatua,* mais bien plutôt d'une mutation du gène ou des gènes qui conditionnent dans les gamètes le complexe fatuoïde (articulation, aristation et pilosité du grain). Le principal argument de Nilsson-Ehle est l'identité absolue des fatuoïdes avec la lignée dont elles sont issues, à l'exception, bien entendu, des caractères du grain envisagés. Cette identité est difficile à concevoir si l'on admet l'hypothèse du croisement naturel, car, à la suite d'un croisement quelconque, les descendants ressemblant parfaitement à l'un ou l'autre des parents sont très rares.

Dans l'hypothèse de Nilsson-Ehle, l'union d'un gamète mutant avec un gamète *sativa* normal donne une plante fatuoïde hétérozygote qui, par autofécondation, donnera une disjonction suivant le schéma : 1 sativa : 2 hétérozygotes fatuoïdes : 1 fatuoïde homozygote. L'union de 2 gamètes mutants donne naissance à la plante fatuoïde homozygote qui se reproduit fidèlement.

Jones (12-13), ayant rencontré des types aberrants caractérisés par la présence de fortes arêtes coudées sur les deux premiers grains de l'épillet, tandis que la cicatrice du grain de base reste normale, modifie la théorie de Nilsson-Ehle. Il admet que le complexe de gènes qui conditionne l'apparition des caractères fatuoïdes peut se dissocier et que, par exemple, le caractère «présence de fortes arêtes sur tous les grains» peut apparaître en l'absence des caractères «cicatrice nette, creuse avec bourrelet» et «pilosité de la cicatrice et de la baguette» auxquels il est généralement lié.

Acceptant, pour le type normal, la formule chromosomique de Huskins $\frac{ABC}{ABC}$ dans laquelle le chromosome B porte les facteurs pour les caractères *fatua* et C les facteurs pour les caractères *sativa,* ces derniers étant épistatiques par rapport à ceux du chromosome B, Jones représente les fatuoïdes hétérozygotes par la formule $\frac{ABC}{ABC_1}$ et les fatuoïdes homozygotes par $\frac{ABC_1}{ABC_1}$. La mutation factorielle qui affecte C laisse apparaître les facteurs correspondants hypostatiques de B. En admettant pour la mutation de C différents degrés de complexité, on obtient les formules :

$$\frac{ABC}{ABC_1} \qquad \frac{ABC}{ABC_2} \qquad \frac{ABC}{ABC_3}, \text{ etc.}$$

qui correspondent aux différents types aberrants rencontrés par Jones.

Aberrations chromosomiques. — Pour Huskins (9-10-11), la cause de l'apparition des fatuoïdes tient à la nature polyploïde des avoines cultivées. Du fait de cette nature polyploïde, toute aberration chromosomique peut se traduire par l'apparition de formes qui se rapprochent plus ou moins d'autres espèces parentes.

L'étude génétique et cytologique des fatuoïdes à laquelle s'est livré cet auteur lui a permis de faire trois groupes de fatuoïdes :

1° *Les fatuoïdes de la série A,* les plus fréquentes, possédant 42 chromosomes (2 *n*) pour lesquels la disjonction des hétérozygotes se fait suivant le schéma 1 : 2 : 1 ;

2° *Les fatuoïdes de la série B,* hétérozygotes, qui, par autofécondation, donnent des *sativa* normales et des fatuoïdes hétérozygotes dans la proportion 1 : 5 à 1 : 10, plus quelques rares fatuoïdes naines stériles, avec des nombres chromosomiques 42, 41 et 40 ;

3° *Les fatuoïdes de la série C,* hétérozygotes, se disjoignant en 1 normal, 1 hétérozygote, plus quelques rares fatuoïdes stériles dont les garnitures chromosomiques sont 42, 43 et 44.

Pour les fatuoïdes des séries B et C, très rarement rencontrées d'ailleurs, l'aberration chromosomique ne fait aucun doute ; pour celles de la série A, elle est moins évidente et consisterait dans la formation de 19 paires de chromosomes + 1 trivalent + 1 univalent chez les hétérozygotes et de 19 paires et 1 quadrivalent chez les homozygotes fatuoïdes. Pour Huskins, la composition chromosomique de *A. sativa* peut être représentée par 36 chromosomes qui n'ont rien à faire avec les caractères du grain qui nous intéressent, plus trois paires de chromosomes $\frac{ABC}{ABC}$ non identiques.

Les chromosomes B porteraient les gènes déterminant les caractères *fatua* du grain tandis que les chromosomes C porteraient ceux qui déterminent les caractères *sativa.* La présence du chromosome C empêche l'extériorisation des caractères régis par B.

Normalement, lors des appariements de chromosomes, A se conjugue avec A, B avec B, C avec C, ce qui donne des types *sativa.* Il peut arriver cependant que, par suite d'irrégularités, notamment la formation de quadrivalents, se forment des gamètes de constitution A B B qui, par conjugaison avec des gamètes normaux A B C donneront une plante de formule $\frac{ABB}{ABC}$ correspondant au phénotype fatuoïde hétérozygote et se disjoignant en 1 $\frac{ABC}{ABC}$ (normal *sativa*), 2 $\frac{ABB}{ABC}$ (hétérozygote fatuoïde) et 1 $\frac{ABB}{ABB}$ (homozygote fatuoïde).

Cette hypothèse n'est pas acceptée par Nishiyama (18-19-20) qui, étudiant du point de vue cytologique les fatuoïdes hétérozygotes à 41 chromosomes de la série B d'Huskins, trouve toujours 20 bivalents et un chromosome C univalent, mais ne trouve jamais de trivalent. Ce fait est considéré par Nishiyama comme une preuve que le chromosome C ne peut pas s'associer avec le chromosome B et que, par conséquent, la formule $\frac{ABB}{ABC}$ pour les hétérozygotes fatuoïdes doit être

remplacée par la formule de Jones : $\frac{ABC}{ABC_1}$ dans laquelle C_1 représente le chromosome C après mutation des facteurs pour les caractères *sativa* du grain.

III. AVOINES FATUOÏDES TROUVÉES À VERSAILLES.

En France, *Avena fatua* se trouve à l'état spontané sur la totalité du territoire, *Avena sterilis* dans toute la région située au sud de la Loire. Les croisements

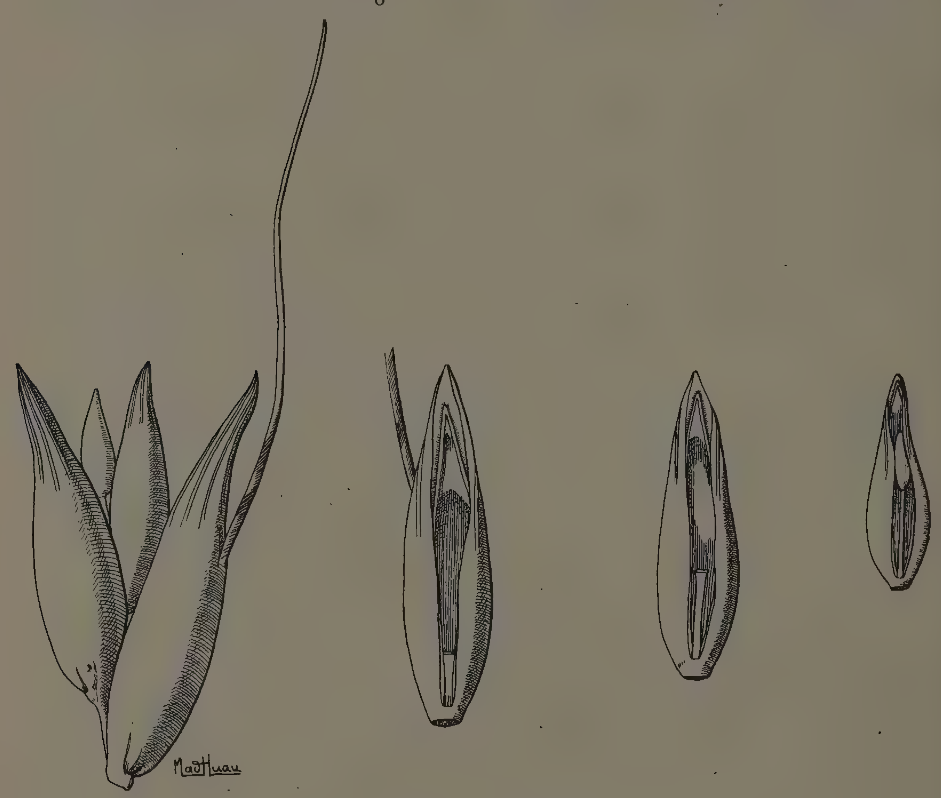


Fig. 2. — Avoine XXI_2.

naturels entre ces types sauvages et les avoines cultivées sont si fréquents que dans certaines régions, on croit à la dégénérescence de l'avoine cultivée et à son retour progressif au type sauvage.

Crepin (3-4) a signalé et décrit plusieurs formes intermédiaires d'origine hybride et rapporte qu'à Clermont-Ferrand où *A. fatua* et *A. sterilis* coexistent, on rencontre en égale quantité les descendants des croisements d'*A. sativa* avec *fatua* ou *sterilis*. Ces hybrides se comportent comme les fatuoïdes décrites par Nilsson-Ehle, mais ils se distinguent presque toujours de l'avoine cultivée dans laquelle on les rencontre, par quelque caractère végétatif.

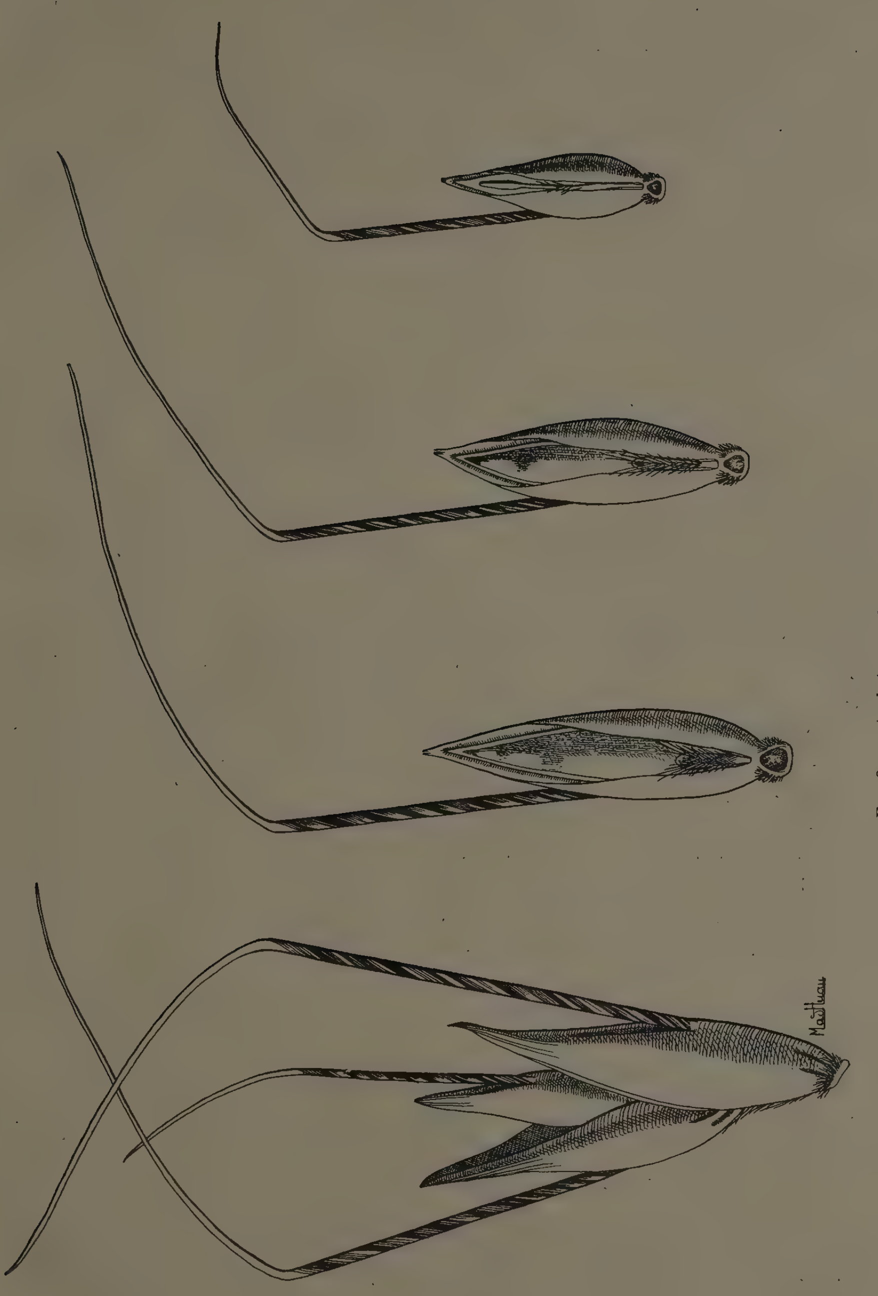


Fig. 3. — Avoine X_{XI_2} forme «fatuoïde».

Un seul auteur français, Sirodot (21), a signalé l'apparition de plantes aberrantes fatuoïdes dans une variété d'avoine cultivée, plantes présentant à la fois les caractères fatuoïdes et l'ensemble des caractères de l'avoine cultivée dans laquelle on les rencontre, notamment l'absence de ligule de l'avoine « *Rival* ».

Il nous a paru intéressant de signaler les apparitions et le comportement ultérieur d'un certain nombre de plantes fatuoïdes rencontrées dans les pépinières d'avoine de la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles, de 1930 à 1935.

Dans nos pépinières, toutes les variétés d'avoine de la collection sont semées grain à grain, en lignes de 1 m. 50 de longueur, espacées les unes des autres de 0 m. 25.

1° *Fatuoïde homozygote dans la variété* XXI_2.

La variété XXI_2[1] provient du croisement (*Ligowo* × *Brie*) *141* × *Trifolium*, effectué en 1912 par M. le Professeur Schribaux, à Noisy-le-Roi. C'est une avoine précoce, à paille courte, grain blanc, peu aristée (arêtes assez rares et faibles) ne présentant pas de poils sur la baguette et exceptionnellement une soie sur le callus (voir fig. 2 et pl. I).

En 1929, cette variété paraissait déjà homogène et stable. En 1930, pour en vérifier la fixité avant de la confier à la culture, il a été prélevé, dans une lignée de 1929, 70 panicules qui ont été examinées et battues au laboratoire. L'examen minutieux du produit de chaque panicule n'a révélé aucune différence. Certaines panicules portant plus de 60 grains, il a pu être ensemencé, au printemps 1930, 128 lignes dont chacune ne renfermait que des grains issus d'une même panicule. Les observations effectuées de la levée à la récolte n'ont permis de déceler aucune différence entre ces différentes descendances, ce qui confirme la stabilité de la lignée XXI_2 de 1929. Cependant, dans la ligne 94, on observait dès la fin de l'épiaison la présence d'une seule plante fortement aristée correspondant en tout point à la description des fatuoïdes homozygotes de Nilsson-Ehle (voir fig. 3 et pl. I).

Le produit de cette plante cultivée de 1931 à 1933 en comparaison avec la lignée XXI_2 dont elle provenait s'est montré :

a. Parfaitement stable ;

b. Identique à la variété XXI_2 pour tous les caractères végétatifs : port, feuillage, précocité, taille.

De plus, la descendance de la ligne 94 n'a pas présenté de nouvelles anomalies.

Afin d'étudier le comportement génétique du complexe fatuoïde, la variété XXI_2 a été croisée en 1932 avec la forme fatuoïde issue de cette variété.

Résultats du croisement $XXI_2 \times XXI_2$ *fatuoïde.*

1re génération. — La plante F_1 (voir fig. 4) ne présentait un aspect intermédiaire que pour les caractères différenciant les parents, c'est-à-dire les caractères fatuoïdes du grain :

a. Le grain inférieur montrait toujours une arête forte et coudée ;

[1] Cette variété est cultivée aujourd'hui sous le nom de *Prolifique blanche*.

b. La cicatrice du grain inférieur était plus nette que dans le type *sativa* et le grain se détachait plus facilement. Pour les 2° et 3° grains, la différence n'était pas appréciable;

c. Le callus était garni de quelques soies courtes de chaque côté de la cicatrice. La baguette ou rachis de l'épillet était glabre comme le type *sativa.*

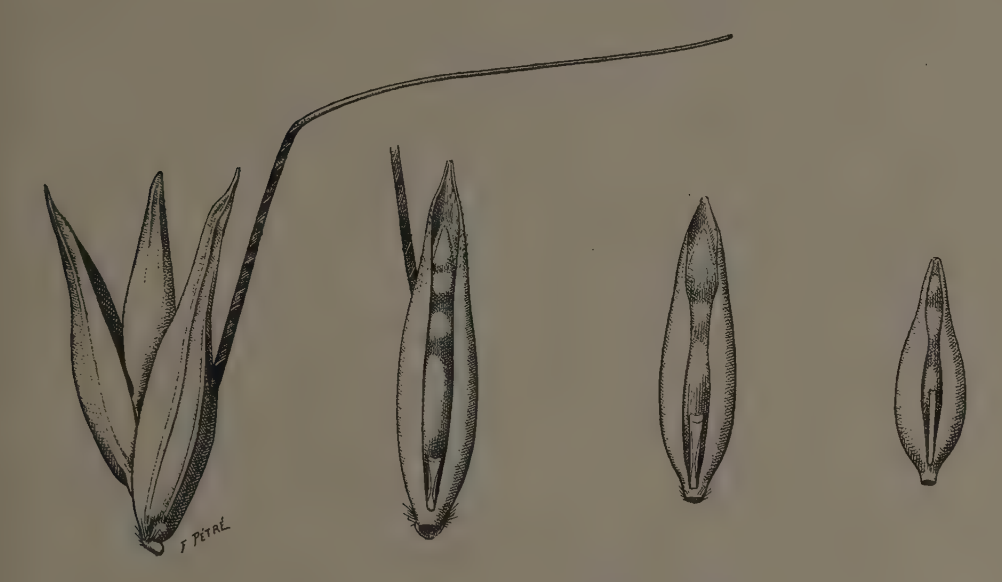


Fig. 4. — Première génération du croisement $XXI_2 \times XXI_2$ fatuoïde.

2° *génération.* — La plante F_1 a donné, en F_2, 56 plantes qui, du point de vue complexe fatuoïde, ont pu être classées de la manière suivante :

17 fatuoïdes homozygotes;
25 fatuoïdes hétérozygotes;
14 *sativa* normales.

Pour tous les autres caractères, il n'y avait aucune disjonction (voir pl. III).

Les fatuoïdes homozygotes se distinguaient facilement par l'articulation très nette de tous les grains de l'épillet, la présence d'une arête sur chaque grain, la pilosité du callus et de la baguette. Elles étaient semblables à la plante trouvée en 1930.

La distinction entre les fatuoïdes hétérozygotes et les types *sativa* était beaucoup plus délicate. Pour les premiers comme pour les seconds, la baguette était toujours glabre. Chez les types fatuoïdes hétérozygotes, la cicatrice n'était guère plus grande que chez les types *sativa,* mais cependant plus nette et légèrement plus creuse. Le callus était bordé souvent de quelques soies courtes, mais ce caractère pilosité était fluctuant dans la même panicule.

Les fatuoïdes hétérozygotes présentaient une arête forte et coudée sur le grain de base de tous les épillets, ou au moins de plusieurs épillets par panicule, alors que les types *sativa* n'avaient pas d'arêtes ou, exceptionnellement, une arête assez faible, non coudée sur quelques épillets.

Le partage entre les deux formes a été fait sur l'ensemble des caractères précédents, mais plus facilement sur le caractère arête.

Les chiffres trouvés pour la disjonction sont voisins de ceux d'une disjonction théorique à un caractère et les différences sont de l'ordre de celles des erreurs d'expériences.

Tableau I.

	Nombre observé.	Rapport observé.	Rapport théorique.	Erreur.	Écart.	Probabilités.
Fatuoïdes homozygotes	17	1,213	1	± 0,156	0,213	$e < 2E$ Bon.
Fatuoïdes hétérozygotes.....	25	1,785	2	± 0,180	0,215	$e < 2E$ Bon.
Sativa..................	14	1,000	1	± 0,156	0,000	e nul. Bon.
	56	3,998	4			

$$E = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{N(K-N)}{n}}.$$

E = erreur;
e = écart;
N = un terme du rapport théorique;
K = somme des termes du rapport théorique.
n = nombre de cas observés.

3e génération. — Les résultats obtenus en F_3 ont prouvé l'exactitude du classement effectué en F_2. Les plantes notées homozygotes fatuoïdes n'ont donné que des homozygotes fatuoïdes, les *sativa,* que des types normaux *sativa* et les fatuoïdes hétérozygotes une disjonction analogue à celle de la F_2. Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, les résultats de la disjonction en F_3 des plantes classées intermédiaires en F_2. Malheureusement, une attaque violente de taupins n'a pas permis de récolter un grand nombre de plantes.

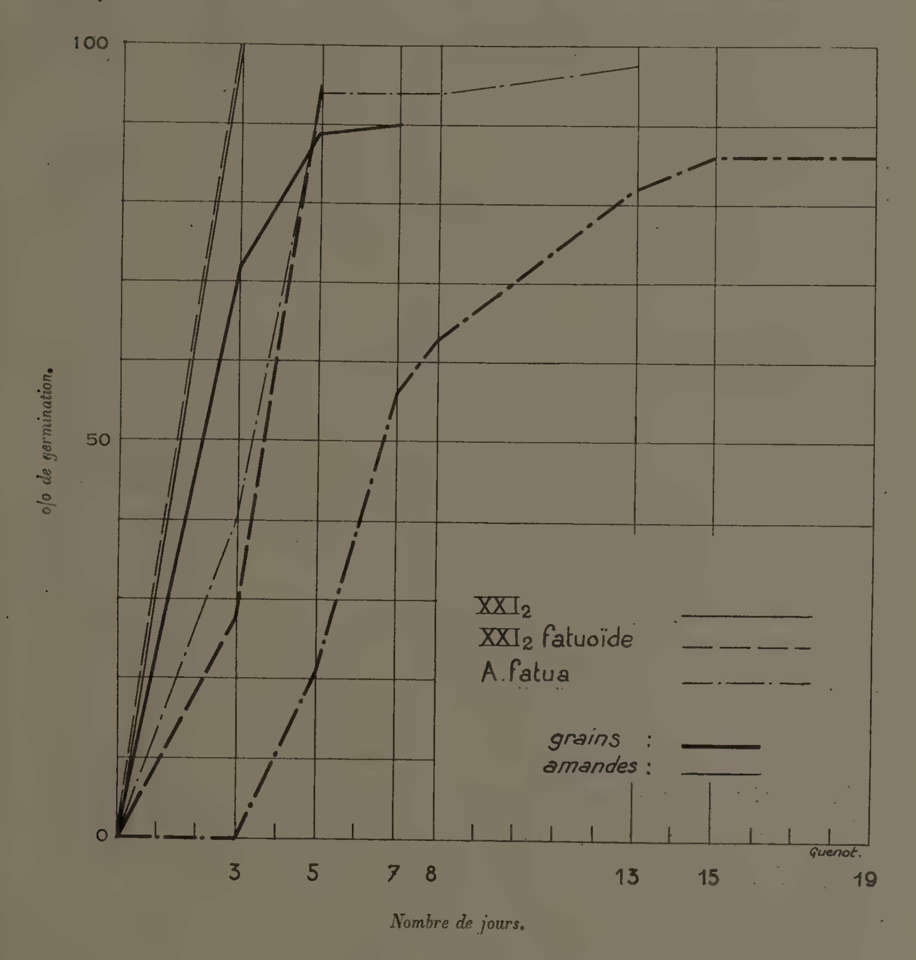
Tableau II.

	Chiffre trouvé.	Rapport trouvé.	Rapport théorique.	Erreur.	Écart.	Probabilités.
Fatuoïdes homozygotes......	57	0,887	1	0,07284	0,113	$e < 3E$ Bon.
Fatuoïdes hétérozygotes.....	141	2,191	2	0,08363	0.191	$e < 3E$ Bon.
Sativa	59	0,918	1	0,07284	0,082	$e < 3E$ Bon.
	257	3,996	4			

La disjonction du croisement $XXI_2 \times XXI_2$ *fatuoïde* est unifactorielle. Les différents caractères formant le complexe fatuoïde se transmettent comme s'ils dépendaient d'un seul facteur.

Nous avons à l'étude, à l'heure actuelle, 2 croisements qui apporteront d'autres précisions sur le comportement génétique du complexe fatuoïde. La variété XXI_2 et la XXI_2 *fatuoïde* ont été croisées avec le même type d'*A. fatua*.

Pour compléter l'étude de la forme XXI_2 *fatuoïde*, quelques esssais de germination, soit en grain, soit en amande, ont été faits comparativement avec XXI_2 et *A. fatua*. Les résultats sont mis en évidence dans les courbes suivantes :



Essais de germination.

Le meilleur pourcentage de germination atteint avec les grains décortiqués est dû au fait que certains grains mangés ou détériorés à l'intérieur des glumelles sont ainsi éliminés alors qu'ils passent inaperçus dans l'autre cas.

Comme Zade et de nombreux auteurs l'ont fait remarquer, l'*A. fatua* germe lentement, mais cependant plus vite après décortiquage.

La fatuoïde XXI_2 décortiquée germe aussi vite que la variété normale, en grain

elle présente un léger retard au départ qui, sans doute, peut être attribué à la présence de nombreux poils sur le callus empêchant la pénétration de l'eau du côté de l'embryon. Par son mode de germination, elle se rapproche donc beaucoup plus de l'*A. sativa* que de l'*A. fatua.*

2° *Fatuoïde homozygote dans la variété Aigle :*

Une plante aberrante est apparue en 1930 dans la descendance d'un lot de grains de la variété *Aigle.* Elle présentait les mêmes caractères morphologiques que les plantes normales, mais les grains étaient tous fatuoïdes homozygotes, avec glumelles glabres (voir pl. I).

L'année suivante, la descendance complète de cette plante était exactement identique à la plante mère, c'est-à-dire ressemblant en tout point à la variété initiale, sauf pour les caractères fatuoïdes du grain.

La forme *Aigle* fatuoïde, semée depuis lors chaque année dans nos collections s'est reproduite fidèlement.

3° *3 Fatuoïdes dans la variété Lyngby heath oat :*

La variété *Lyngby heath oat* est une variété danoise, mise au commerce en 1913 et dont nous ignorons l'origine génétique.

Dans un petit lot, semé en 1930, nous avons prélevé, à la récolte, 5 panicules qui, à l'examen au laboratoire, étaient toutes semblables et qui ont donné, en 1931, 5 lignes : une de ces lignes présentait 1 plante et une autre ligne 2 plantes ayant les caractères fatuoïdes homozygotes du grain avec soies longues sur le callus (voir pl. II). Les 3 plantes étaient partiellement stériles et ne donnèrent que quelques grains qui furent semés l'année suivante.

En 1932, la descendance de ces grains ressemblait à la variété initiale, mais les plantes étaient nettement plus courtes de 25 centimètres, plus précoces de quelques jours et presque stériles, les grains étant du type fatuoïde homozygote.

Depuis, cette forme fatuoïde n'a été ni semée, ni étudiée.

4° *Fatuoïde homozygote dans la variété Frühhafer :*

En 1931, nous avions une parcelle de multiplication de la variété blanche *Frühhafer* (*Victoire* × *Avoine de 60 jours*) envoyée par son obtenteur le Professeur Tschermak.

Une des panicules prélevées à la récolte et semée séparément l'année suivante montra, dans sa descendance, une plante fatuoïde homozygote en tout point identique à la forme *sativa* (voir pl. II).

Depuis, cette forme fatuoïde s'est toujours reproduite fidèlement chaque année, sans aucune disjonction.

Les différentes formes fatuoïdes décrites précédemment, sauf les formes fatuoïdes trouvées dans *Lyngby heath oat,* semblent se rattacher au type A de Huskins présentant un nombre normal de chromosomes. *Lyngby heath oat fatuoïde* se rangerait, en raison de son nanisme et de sa stérilité partielle, dans un autre groupe à garniture chromosomique anormale. Ce cas n'a pas été étudié d'assez près, notamment du point de vue de la descendance et de la disjonction obtenue lorsqu'on croise

la forme fatuoïde avec la forme *sativa* pour pouvoir en tenir compte dans la discussion sur l'origine possible des différentes formes fatuoïdes trouvées à Versailles.

IV. DISCUSSION.

Origine des formes fatuoïdes Aigle, Frühhafer et XXI_2. — Les défenseurs de la théorie du croisement naturel font tout d'abord intervenir l'argument suivant : dans la plupart des cas d'apparition de fatuoïdes cités par les auteurs, il n'y a jamais certitude quant à la pureté des lignées où sont apparues ces plantes aberrantes.

Cet argument doit être discuté séparément pour chacun des cas rencontrés à Versailles.

Pour la variété *Aigle,* nous avions semé un lot de grains dont nous ignorions la provenance. D'autre part, il n'est pas certain que le type nouveau soit apparu à Versailles en 1930, il a pu prendre naissance antérieurement dans une autre culture. En effet, un grain à caractères fatuoïdes a pu passer inaperçu dans un lot traité commercialement dont les grains ne présentent pas de poils et seulement une trace d'arête.

Le type fatuoïde de l'avoine *Frühhafer* est apparu dans une ligne provenant d'une panicule dont tous les grains examinés avant le semis présentaient bien les caractères *sativa.* La descendance de tous les grains de la panicule était la même, sauf la présence des caractères fatuoïdes chez une seule plante. Depuis, la variété *Frühhafer* s'est montrée stable, de même la forme fatuoïde. Mais l'année précédant l'apparition de la fatuoïde, l'avoine *Frühhafer* était en parcelle de multiplication des hybrides naturels pouvaient exister qui n'ont pas été remarqués.

Nous ne pouvons donc apporter les preuves de la pureté des lignées où sont apparues les formes fatuoïdes, ni pour *Aigle,* ni pour *Frühhafer;* il en est tout différemment pour la variété XXI_2.

Le croisement avait eu lieu en 1912 et jusqu'en 1929, une sélection continuelle dans la descendance avait permis de conserver la lignée la plus intéressante. En 1929 et 1930, nous constations que cette lignée était définitivement fixée et depuis cette époque, aucune disjonction ne s'est produite, pas plus dans la descendance de la plante fatuoïde que dans celles des autres plantes, tous les descendants étant identiques entre eux sauf pour les caractères fatuoïdes du grain. D'autre part, dans le croisement $XXI_2 \times XXI_2$ *fatuoïde,* la disjonction a porté uniquement sur le complexe fatuoïde.

Ayant montré la pureté de la lignée XXI_2, quelle origine pouvons-nous attribuer à la forme fatuoïde apparue ?

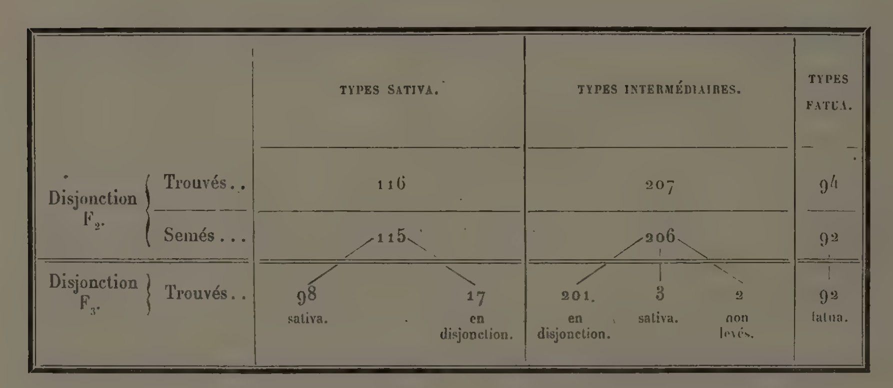
Pour les partisans de la théorie du croisement naturel, la plante fatuoïde serait une disjonction tardive d'un hybride naturel entre la variété XXI_2 et une folle avoine *A. fatua* réunissant les caractères végétatifs et physiologiques de la variété *sativa* et les caractéristiques du grain : articulation, arêtes et soies de l'*A. fatua.* La variété XXI_2 provenant du croisement (*Ligowo* × *Brie*) *141* × *Trifolium,*

il n'y a pas d'*A. fatua* dans ses ascendants, tout au moins immédiats. Cependant, un croisement naturel a pu avoir lieu dans les champs de Noisy-le-Roi où *A. fatua* n'est pas rare [1]. La reprise continuelle des lignées dans le but d'obtenir une bonne variété culturale devait éliminer de tels hybrides naturels. Si le croisement avait eu lieu seulement en 1929, année précédant l'apparition, le grain F_1 aurait donné en 1930, non pas une fatuoïde homozygote ressemblant en tout point à la variété *XXI*$_2$, mais une plante ayant une forme intermédiaire pour tous les caractères distinguant une *A. fatua* de la variété *XXI*$_2$.

Supposant tout de même qu'un croisement naturel ait eu lieu dans les années précédant l'apparition de la forme fatuoïde, il nous faut réfuter un autre argument de Tschermak qui croit à l'apparition possible de grains *fatua* à partir de grains *sativa,* par disjonction bifactorielle du croisement *A. fatua* × *A. sativa.* Dans ce cas, les grains *fatua* se reproduisent fidèlement, tandis que certains grains *sativa* continuent à se disjoindre en donnant des *fatua* et des *sativa.* Ce n'est pas ce que nous avons observé : la descendance de toute la lignée 94 dans laquelle a été trouvée la plante fatuoïde n'a donné, jusqu'à ce jour, que des types *sativa* identiques à la variété *XXI*$_2$.

D'ailleurs, les résultats que nous avons obtenus en croisant une forme d'*A. fatua* à glumelles roussâtres avec *Von Lochow* (glumelles jaunes) ne s'accordent nullement avec la théorie d'une disjonction bifactorielle. En F_2, la couleur noire roussâtre est dominante, mais on trouve des grains clairs, soit blancs, soit jaunes, dans tous les groupes. Nous ne rapportons ici que les chiffres de la disjonction du point de vue caractère avoine sauvage, avoine cultivée.

Tableau III.



		Types sativa.		Types intermédiaires.			Types fatua.
Disjonction F_2.	Trouvés..	116		207			94
	Semés...	115		206			92
Disjonction F_3.	Trouvés..	98 sativa.	17 en disjonction.	201 en disjonction.	3 sativa.	2 non levés.	92 fatua.

[1] Les champs occupés à l'heure actuelle à Versailles par la Station d'Amélioration des Plantes étaient en jachère avant 1930 et aucune parcelle ne présentait à cette époque d'avoine sauvage spontanée. En 1935, nous ne pourrions plus être aussi absolus, grâce à l'assolement les différents types d'*A. fatua* de nos collections d'avoine ont été semés déjà dans plusieurs champs et malgré toutes les précautions prises pour éliminer les avoines sauvages avant que les grains ne tombent sur le sol, on trouve l'année suivante et même plus tard des repousses de ces avoines sauvages.

En éliminant les plantes accidentellement stériles ou qui n'ont pas levé, et en tenant compte des résultats en F_3, on obtient les chiffres suivants pour la disjonction F_2 :

101 *sativa;*
218 intermédiaires;
92 *fatua;*

chiffres très voisins de ceux d'une disjonction unifactorielle comme le montre le tableau suivant :

Tableau IV.

	CHIFFRE TROUVÉ.	RAPPORT TROUVÉ.	RAPPORT THÉORIQUE.	ERREUR.	ÉCART.	PROBABILITÉS.
Sativa	101	0,983	1	0,0576	0,017	$e <$ E Bon.
Intermédiaires	218	2,121	2	0,0640	0,121	$e <$ 3E Bon.
Fatua	92	0,895	1	0,0576	0,105	$e <$ 2E Bon.
	411	3,999	4			

L'étude de la troisième génération a permis une rectification des erreurs faites en F_2, erreurs qui sont dues à la difficulté que l'on éprouve souvent à séparer les types *sativa* des types intermédiaires.

Nous n'avons pas trouvé d'intermédiaires constants, ni de types *sativa* donnant une descendance *sativa : fatua.* Les formes intermédiaires classées par erreur parmi les types *sativa* ont donné une disjonction totale *sativa :* intermédiaire : *fatua.*

Cependant, il n'est pas impossible que certaines formes *A. fatua* croisées avec *A. sativa* puissent donner une disjonction bifactorielle. En tout cas, la forme à caractères *fatua* ou fatuoïdes trouvée dans la variété XXI_2 ne peut être le résultat d'une telle disjonction, puisque les autres descendants de la même panicule restent indéfiniment constants.

En résumé, la plante fatuoïde trouvée dans la variété XXI_2, d'après son mode d'apparition et son comportement ultérieur ne peut avoir son origine dans un croisement naturel récent.

Par les constatations suivantes :

1° Similitude entre la plante fatuoïde et la variété XXI_2 pour tous les caractères, sauf la pilosité, l'articulation et les arêtes du grain, non seulement l'année de l'apparition, mais au cours des générations suivantes;

2° Constance du type fatuoïde sans aucune disjonction;

3° Constance du type *sativa* avec tous les caractères de la variété chez les autres plantes de la même lignée;

nous apportons les preuves de la stabilité de la lignée et de l'apparition brusque d'une plante fatuoïde à partir d'un grain d'apparence *sativa.* Cette apparition ne

peut s'expliquer que par un changement brusque survenu en 1929 dans une seule fleur de la panicule qui, semée en 1930, a donné un type aberrant. Cette variation brusque aurait intéressé les 2 gamètes mâle et femelle, sinon il y aurait eu production d'une fatuoïde hétérozygote qui se serait disjointe par la suite.

L'étude cytologique (1) de la forme XXI_2 *fatuoïde* et de l'hybride de 1re génération $XXI_2 \times XXI_2$ *fatuoïde* qui, jusqu'à présent, n'a pû être effectuée que dans les cellules somatiques a montré un nombre régulier de chromosomes ($2n = 42$).

Du point de vue cytologique comme du point de vue génétique, XXI_2 *fatuoïde* serait donc à ranger dans la série A de Huskins.

Quel est le mode d'apparition de cette forme ? On en est réduit aux hypothèses. Si nous admettions celle de Huskins et la formule $\frac{ABB}{ABB}$ pour les fatuoïdes homozygotes, on devrait rencontrer aussi des aberrants de constitution $\frac{ACC}{ACC}$ ou $\frac{ABC}{ACC}$, sortes de *A. sativa* renforcées qui devraient se distinguer au moins par quelque caractère du grain.

Les *A. sativa,* de formule $\frac{ACC}{ACC}$ ne seraient plus susceptibles de donner des fatuoïdes et leur croisement avec *A. fatua* donnerait une F_1 à allure de *sativa* se disjoignant en 3 *sativa* : 1 *fatua.* De telles formes *sativa* n'ont pas été signalées jusqu'ici.

L'hypothèse de Jones et Nishiyama ne prête pas à cette critique ; elle explique de façon satisfaisante le comportement génétique des fatuoïdes et la stabilité du reste de la lignée dans laquelle elles sont apparues. Cette hypothèse ne se distingue guère au fond de la première explication donnée par Nilsson-Ehle, car toutes deux reposent sur la parenté des espèces *Avena fatua* et *Avena sativa.*

BIBLIOGRAPHIE.

1. Aamodt (O. S.), Johnson (L. P. V.) and Mauson (J. M.) [1934]. — Natural and artificial hybridization of *A. sativa* with *A. fatua* and ist relation to the origin of fatuoïds. (*Canadian Journ. of Res.,* 11, 701-727.)
2. Coffman (F. A.) and Taylor (J. W.) [1932]. — Prevalence and origin of fatuoïds in Fulghum oats. (*Proc. 6th Int. Cong. Genet.,* N. Y., 2, 28-29.)
3. Crepin (Ch.) [1925]. — Hybridation naturelle chez l'avoine. (*C. R. Acad. Agric. France,* 11-6.)
4. Crepin (Ch.) [1927]. — Les fausses folles avoines : Mutations ou hybrides ? (*Ve Congrès Intern. de Génét.,* Berlin, p. 568-575.)
5. Gante (Th.) [1921]. — Über eine Besonderheit der Begrannung bei Fatuoïd-heterozygoten. (*Hereditas,* Bd. II, p. 410-415.)
6. Garber (J.) [1922]. — Origin of false wild oats. (*Journ. of Heredity,* vol. XIII, n° 1, janvier.)

(1) Étude faite par M. Fleckinger, à qui nous adressons nos remerciements.

7. Garber (J.) and Quisenberry (1923). — Delayed germination and the origin of false wild oats. (*Journ. of Heredity*, vol. XIV, n° 6, septembre.)

8. Huskins (C. L.) and Fryer (J. R.) [1925]. — The origin of false wild oats. (*Sci. Agric.*, Ottawa [Canada], VI, 1-13.)

9. Huskins (C. L.) [1926]. — Genetical and cytological studies of the origin of false wild oats. (*Sci. Agric.*, Ottawa [Canada], VI, p. 303-313.)

10. Huskins (C. L.) [1927]. — On the genetics and cytology of fatuoïd or false wild oats. (*Journ. Gen.*, XVIII, 315-364.)

11. Huskins (C. L.) [1927]. — Genetical and cytological studies of fatuoïd oats and speltoïd wheats. (*V° Congrès Intern. Génét.*, Berlin, 1927, p. 908-916.)

12. Jones (E. T.) [1927]. — Preliminary studies on the absence of yellow colour in fatuoïd and false wild oats. (*Welsh Journ. Agric.*, III, 221-231.)

13. Jones (E. T.) [1930]. — Morphological and genetical studies of fatuoïd and other aberrant grain-types in *Avena*. (*Journ. of Genetics*, vol. XXIII, p. 1-68.)

14. Marquand (C. V. B.) [1922]. — Varieties of oats in cultivation. (*Welsh Plant-Breeding Stat. Bull.*, series C, n° 2.)

15. Nilsson-Ehle (H.) [1907]. — *Sveriges Utsadesforenings Tidskrift*, 5.

16. Nilsson-Ehle [H.) [1911]. — Über Fälle spontaneum Wegfallens eines Hemmungsfaktors beim Hafer. (*Zeitschr. f. indukt. Abst. und Vererbungslehre*, Bd. 5, 1-37.)

17. Nilsson-Ehle (H.) [1921]. — Fortgesetzte Untersuchungen über Fatuoidmutationen beim Hafer. (*Hereditas Bd.*, II, p. 401-409.)

18. Nishiyama (I.) [1930]. — Fatuoidhafer and Chromosomenzahl. (*Jap. J. Genet*, 6, 186-187.)

19. Nishiyama (I.) [1931]. — The genetics and cytology of certain cereals. II. Karyo-genetic studies of fatuoïd oats with special reference of their origin. (*Jap. J. Genet.*, 7, 49-102.)

20. Nishiyama (I.). [1933]. — The genetics and cytology of certain cereals. IV. Further studies on fatuoïd oats. (*Jap. J. Genet.* 8, 107-124.)

21. Sirodot (M.) [1928]. — Avoines fatuoïdes et fatuo-steriloïdes. (*Annales de la Science Agronomique*, p. 42.)

22. Stanton (T. R.), Coffman (F. A.) and Wiebe (G. A.) [1926]. — Fatuoïd or false wild forms in Fulghum and other oat varieties. (*Journ. Heredity*, XVII, p. 153-165, 213-226.)

23. Tschermak (L.) [1929]. — Kultur- und Wildhaferbastarde und ihre Bezeihungen zu den sogenannten Fatuoïden. (*Zeitschr. f. indukt. Abst. und Vererbungslehre*, Bd. 51, p. 450-481.)

24. Zade (A.) [1912]. — Der Pflughafer. Berlin, Paul Parey.

LÉGENDE DES PLANCHES.

PLANCHE I. —	A. Avoine XXI_2	En haut : forme fatuoïde. En bas : forme normale.
	B. Avoine Aigle	En haut : forme fatuoïde. En bas : forme normale.
PLANCHE II. —	C. Avoine Lyngby heath oat	En haut : forme fatuoïde. En bas : forme normale.
	D. Avoine Frühhafer	En haut : forme fatuoïde. En bas : forme normale.
PLANCHE III. —	Croisement $XXI_2 \times XXI_2$ fatuoïde.	En haut : parents, au milieu : F_1. En bas : descendants F_2.

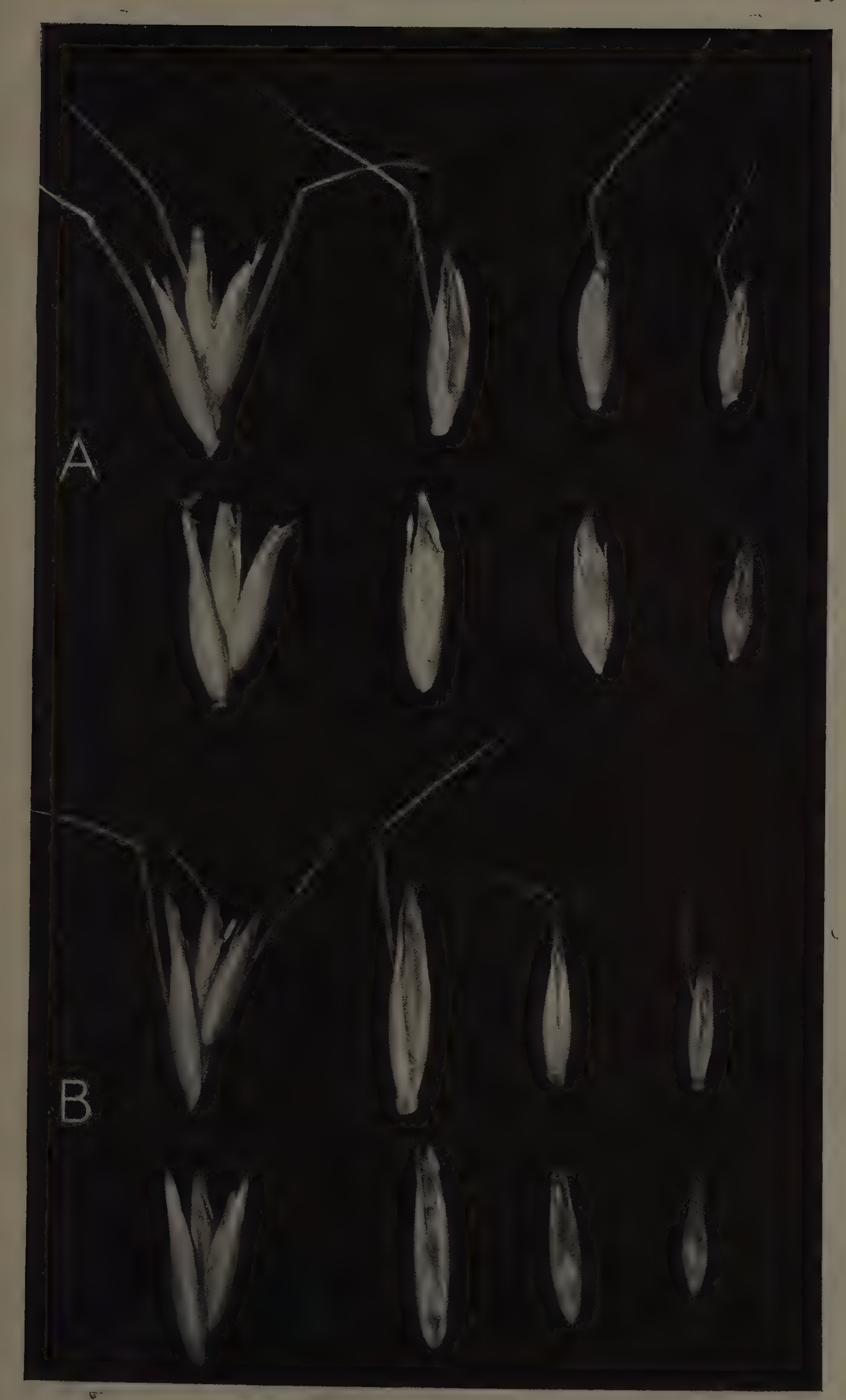

A
B



Planche II



Planche III.

LA MALADIE VERRUQUEUSE DE LA POMME DE TERRE EN ALSACE.

RECHERCHES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE DE RUSS BIOLOGIE DU PARASITE. — RÉSISTANCE DES VARIÉTÉS

par P. Selariès et G. Rohmer,

Chefs de travaux au Centre de recherches agronomiques d'Alsace.

INTRODUCTION.

Le premier foyer de maladie verruqueuse de la Pomme de terre fut découvert en France en 1925 dans la vallée de la Bruche, (commune de Wisches-Hersbach, Bas-Rhin).

Des recherches systématiques furent immédiatement entreprises pour délimiter le foyer de la vallée de la Bruche et découvrir les foyers éventuels pouvant exister dans les trois départements recouvrés.

En effet la maladie verruqueuse existait en Rhénanie dès 1908. Elle avait rapidement progressé en Allemagne depuis 1922 et même était apparue dans la Sarre (Saint-Ingbert en 1924) et en Suisse. De plus, l'importation massive de plants provenant de pays contaminés (Allemagne, Pologne) faisait craindre une plus grande extension de la maladie.

Ces investigations, dont l'organisation fut confiée à l'un de nous, ont entraîné presque tous les ans la découverte de quelques foyers généralement disséminés dans les hautes vallées des Vosges. Ce sont des endroits où la culture de la pomme de terre se succède à elle-même et où l'exploitant ne récolte que les quelques tubercules nécessaires à sa consommation jusqu'à l'entrée de l'hiver. A ce moment-là il achète au dehors sa provision annuelle. Dans ces fonds de vallées, la population est entièrement occupée dans les diverses usines installées sur les cours d'eau — tissages, filatures, scieries, etc. — et ce sont ces usines qui se chargent généralement de la fourniture des pommes de terre à leurs ouvriers. Ces derniers prélèvent leurs semences parmi les stocks livrés.

Il en résultait dans la culture un mélange inextricable de variétés parmi lesquelles dominaient « Wohltmann » et « Industrie » toutes deux très sensibles à la maladie verruqueuse. Puis venait la « Colin des Vosges » variété résistante.

Voici dans l'ordre chronologique les divers foyers découverts dans les trois départements recouvrés :

1925.	Bas-Rhin.	Wisches-Hersbach; Russ; Grandfontaine; Netzenbach; Schwartzbach.
1926.	Bas-Rhin.	Lièpvre.
	Haut-Rhin.	Metzeral.
1928.	Moselle.	Petite Rosselle.
1929.	Bas-Rhin.	Morsbronn-les-Bains; Muhlbach; Lutzelhouse; Grendelbruch.
1930.	Haut-Rhin.	Mitzach; Kruth.
	Bas-Rhin.	Brumath; Urmatt.
	Haut-Rhin.	Ribeauvillé.
1932.	Bas-Rhin.	Haguenau; Obermodern.
	Haut-Rhin.	Saint-Amarin.
1933.	Haut-Rhin.	Soultzeren; Luttenbach; Lautenbach-Zell.

Mais le foyer le plus intéressant tant au point de vue de l'étendue que de l'intensité, c'est le premier qui fut découvert, celui de la vallée de la Bruche. Les autres n'offraient que des étendues extrêmement restreintes allant de quelques ares à quelques mètres carrés. Le foyer de Morsbronn-les-Bains ne comportait même qu'un seul tubercule atteint. D'une façon générale l'infection était forte, parfois même très forte avec de grosses et de nombreuses galles au collet, sur les tubercules et sur les stolons. Le foyer de Ribeauvillé nous donna la plus belle manifestation d'infection aérienne : les galles s'étendaient jusqu'aux pédoncules floraux.

En l'absence de tout traitement pratique contre la maladie, l'Administration prescrivit dans toutes les zones contaminées la culture exclusive de variétés résistantes. Toutes facilités furent fournies aux exploitants pour se procurer à bon compte des semences de premier choix. Avant de rendre compte du travail qui a été effectué en France, nous croyons devoir résumer les notions classiques sur le parasite et sur la maladie qu'il détermine.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DE LA MALADIE.
BIOLOGIE DU PARASITE.

C'est Schilbersky, qui, le premier, signala la maladie en Hongrie en 1896 et en donna une brève description. Il rangea le champignon parasite dans les Chytridiacées et créant un genre spécial il le dénomma *Chrysophlyctis endobiotica.*

Plusieurs auteurs s'occupèrent ensuite de cette maladie mais ce fut seulement en 1909 que Percival en donna une étude assez complète. Il proposa de le ranger dans le genre *Synchytrium* sous le nom *Synchytrium endobioticum.*

Caractères extérieurs de la maladie. — Le parasite provoque sur tous les organes de la pomme de terre, tant aériens que souterrains, (sauf toutefois sur les racines) des tumeurs charnues, blanches si elles sont souterraines et vertes si

elles sont aériennes. Ces tumeurs affectent généralement l'apparence de verrues et sont de véritables galles (voir fig. 1 et 2).

Peu à peu ces excroissances brunissent, deviennent finalement noires et ne tardent pas à entrer en décomposition car elles ne sont protégées par aucune formation liégeuse. Elles ressemblent alors à de vieilles éponges sales.

Toutes ces tumeurs ne semblent pouvoir prendre naissance qu'à partir d'un œil du tubercule ou d'un bourgeon de la tige.

Le nombre et le volume de ces verrues sont très variables et dépendent de l'intensité de l'infection, de la sensibilité de la variété, des conditions du milieu. Sur



Fig. 1. — Partie inférieure d'un pied de pomme de terre attaqué par la maladie verruqueuse.

certains tubercules, l'attaque n'est décelée que par une hypertrophie des écailles qui entourent l'œil; sur d'autres au contraire, le volume de la verrue dépasse de beaucoup celui du tubercule. Il peut même arriver qu'une attaque forte et précoce sur les stolons empêche toute formation de tubercule.

La formation de ces galles est le résultat d'une hypertrophie et d'une hyperplasie exagérées des jeunes cellules envahies et de leurs voisines. De la multiplicité des points infectés résultent des excroissances de forme bosselée, mamelonnée, rappelant l'aspect de jeunes inflorescences fasciées de chou-fleur.

Nous avons eu la curiosité de déguster de jeunes galles : elles ne présentent aucun goût particulier, tant crues que cuites.

Cette affection ne ralentit en rien la vigueur végétative de la plante; il arrive

même souvent qu'un pied contaminé a un développement aérien beaucoup plus grand qu'un pied voisin sain. La maladie n'est donc décelée que par la présence de galles, ce n'est donc généralement qu'à l'arrachage qu'on peut constater la



Fig. 2. — Différents organes attaqués.

maladie. Ainsi que nous l'avons vu, les galles aériennes sont relativement rares, Par les infections artificielles au laboratoire nous obtenons des galles en tout

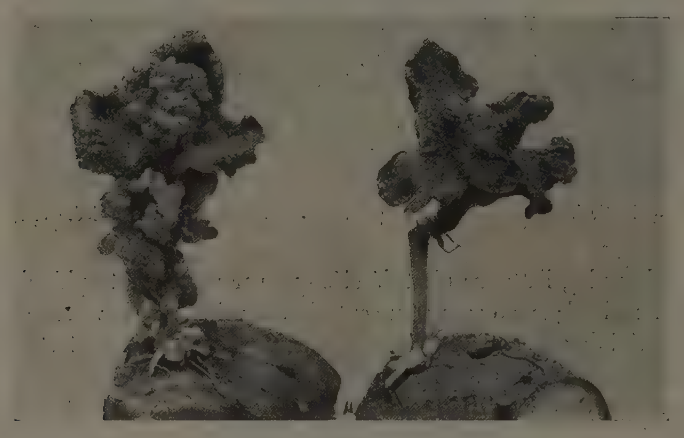


Fig. 3. — Infections artificielles obtenues au laboratoire.

point semblables à celles que nous observons dans la nature (voir fig. 3 et 4). Ce que nous constatons très fréquemment, ce sont des déformations assez curieuses de la tige aérienne : cette dernière commence par s'incurver vers le sol, fait un tour complet et reprend ensuite sa direction verticale (voir fig. 5).

Biologie sommaire du parasite. — Nous nous bornerons à ne donner ici qu'une biologie assez sommaire du parasite en l'illustrant d'un certain nombre de photographies originales figurant les principaux stades du champignon.



Fig. 4. — Autres infections artificielles obtenues au laboratoire.

Sporanges de repos (voir fig. 6). — Ce sont des corps arrondis, colorés en jaune brun et occupant tout l'intérieur de cellules hypertrophiées. Ils sont essentiellement constitués par une masse protoplasmique entourée par trois enveloppes. L'endosporange, qui est mince et hyaline, et la mésosporange, qui est épaisse et colorée, sont formées par le parasite lui-même ; l'épisporange, ou couche la plus externe, semble être formée à partir de matériel dérivé de la cellule-hôte qui s'est désorganisée.

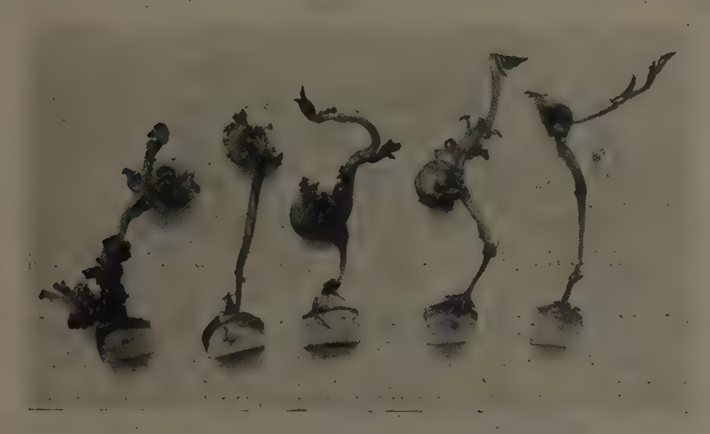


Fig. 5. — Enroulement en « cor de chasse » fréquemment observé dans les infections artificielles.

La masse protoplasmique interne offre un aspect différent suivant son degré d'évolution ; elle peut paraître plus ou moins granuleuse, ou bien on peut y distinguer un très grand nombre de petits corps arrondis qui sont les ébauches des

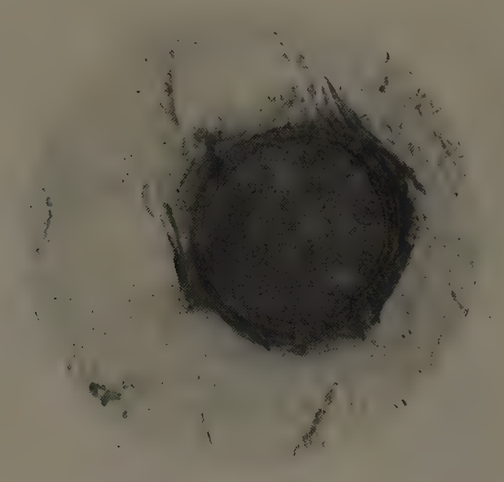


Fig. 6. — Un sporange de repos. (Grossissement : 600 diamètres environ.)

zoospores. Si nous mettons un de ces sporanges suffisamment évolué dans des conditions convenables de température et d'humidité et que nous l'examinions de temps en temps au microscope, nous voyons que peu à peu les zoospores gros-

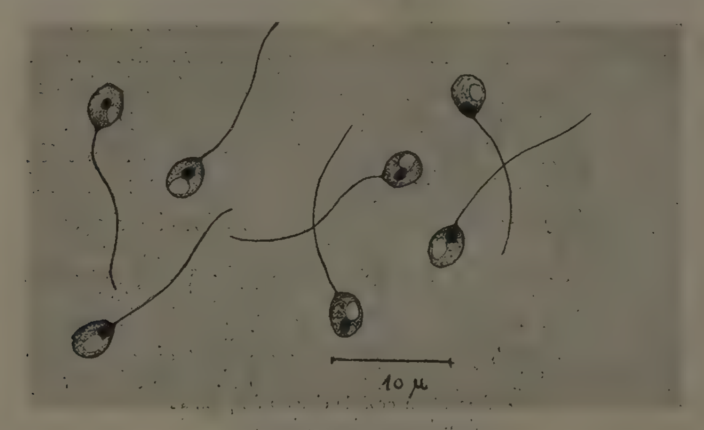


Fig. 7 — Zoospores. (dessin.)

sissent et deviennent plus nettes. A un moment donné, le sporange se fend et on voit apparaître une nuée formée de zoospores qui se répandent dans la goutte d'eau.

Zoospores issues d'un sporange de repos (voir fig. 7). — La zoospore est un corps ovale, légèrement effilé à la partie antérieure où se trouve un large point réfringent.

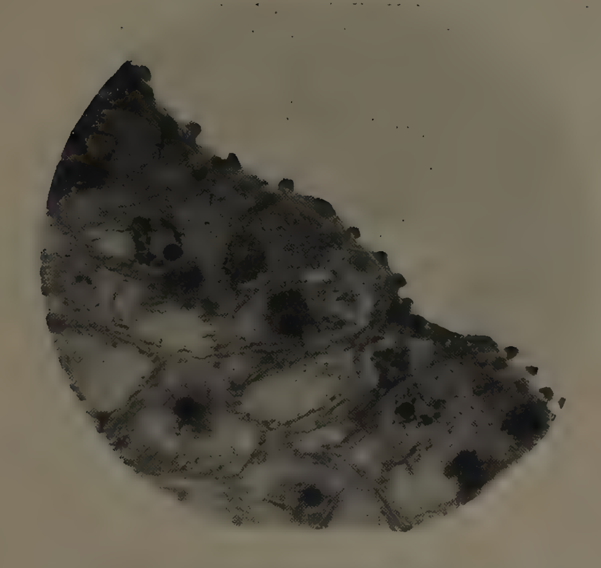


Fig. 8. — Pénétration de zoospores dans les cellules épidermiques de la pomme de terre.
(Grossissement : 600 diamètres environ.)

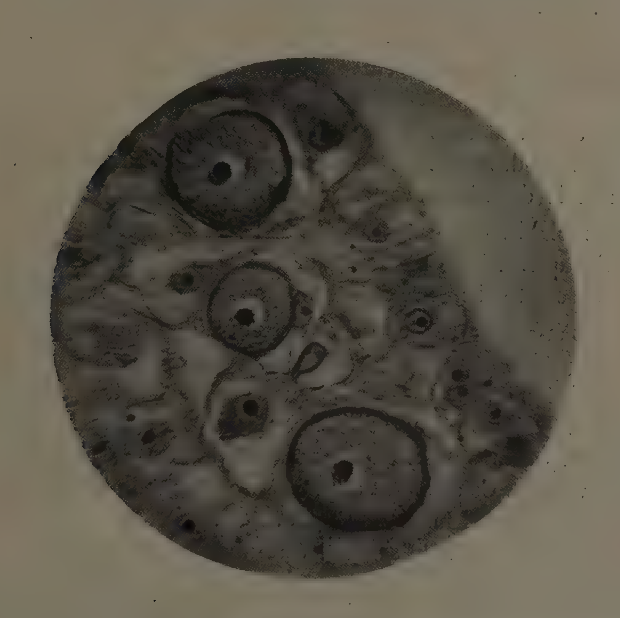


Fig. 9. — Le prosore. Le parasite s'installe au fond de la cellule-hôte et repousse le noyau.
(Grossissement : 450 diamètres environ.)

Elle a environ 2 μ de long. Elle est munie à la partie postérieure d'un long cil vibratile qui lui permet de se déplacer rapidement dans une goutte d'eau. Ces mouvements saccadés se continuent pendant 30 à 40 minutes; si la zoospore ne rencontre pas pendant ce laps de temps l'épiderme d'une plante sensible elle meurt et se désagrège.

Cette zoospore est dépourvue de sexualité, et, pénétrant dans une cellule ne peut donner qu'un prosore.

Pénétration des zoospores dans la cellule-hôte (voir fig. 8). — Si, dans ses rapides déplacements, une zoospore arrive en contact avec une jeune cellule épidermique d'une plante sensible, elle devient immobile, s'applique contre la paroi, perd son cil, perfore la membrane cellulaire et, par cette minuscule ouverture, pénètre dans la cellule en se déformant. Elle reprend peu à peu la forme globuleuse et gagne aussitôt le fond de la cellule.

Plusieurs zoospores peuvent pénétrer dans la même cellule, mais très généralement il n'y en a qu'un très petit nombre qui arrivent à se développer.

Si la zoospore arrive en contact d'une variété résistante, le tout se passe comme nous venons de le dire; mais au lieu de pouvoir continuer son développement, elle est vouée à une mort certaine et voici par quel processus : dès que la zoospore est parvenue à pénétrer dans une cellule d'une variété hautement résistante cette cellule est immédiatement tuée et la zoospore se trouvant dans un milieu mort, ne tarde pas à mourir; parfois l'action du parasite ne se fait sentir qu'à distance et ce ne sont que les cellules entourant la cellule envahie qui meurent. Dans les deux cas le parasite ne peut évoluer. Comme les tissus envahis sont des organes à croissance active, toutes les parties tuées par le champignon ne tardent pas à s'exfolier. Ce sont des avortements nécrotiques; le premier cas est appelé avortement aigu et le deuxième avortement chronique.

Des cas semblables de réaction de la plante-hôte ont été signalés pour d'autres maladies. Par quel mécanisme les cellules ainsi envahies sont-elles tuées ? Nous l'ignorons encore totalement et nous ne pouvons que formuler des hypothèses.

Nous allons suivre l'évolution dans une cellule de variété sensible.

Prosore (voir fig. 9 et 10). — La zoospore grossit alors très rapidement; atteint, puis dépasse le volume du noyau de la cellule hôte; son intérieur s'organise; le noyau, avec ses cordons de linine devient caractéristique et bien visible au milieu d'une large vacuole. Ce stade est appelé prosore. La cellule-hôte subit un rapide accroissement, principalement vers la base, ce qui lui donne l'aspect d'un sac piriforme. Le noyau de l'hôte s'accroît également de sorte que le protoplasme se trouve réduit à une mince couche entourant le parasite et couvrant les parois de la cellule-hôte. Par suite de l'accroissement du prosore, le noyau-hôte perd de sa vitalité, devient plus chromophile et finit petit à petit par se résorber. A ce moment le prosore occupe seul l'intérieur de la cellule (voir fig. 11). On trouve assez fréquemment plusieurs prosores dans la même cellule.

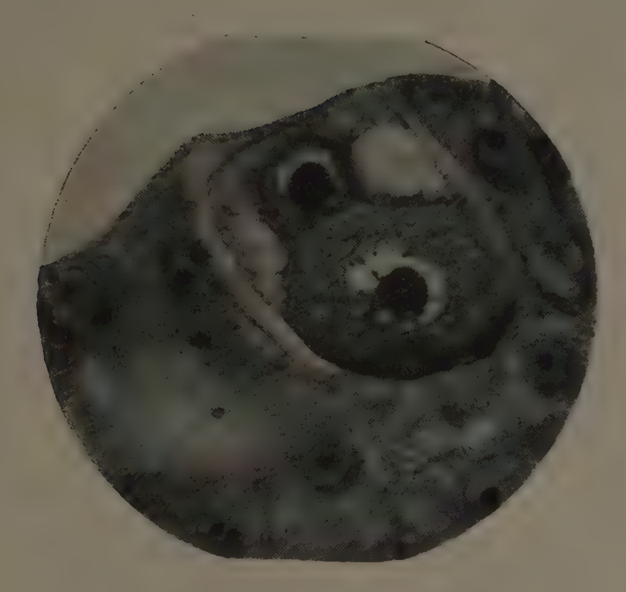


Fig. 10. — Le même stade vu à un plus fort grossissement.
(Grossissement : 570 diamètres.)



Fig. 11. — Le noyau se résorbe et le parasite occupe toute la cellule.
(Grossissement : 450 diamètres environ.)

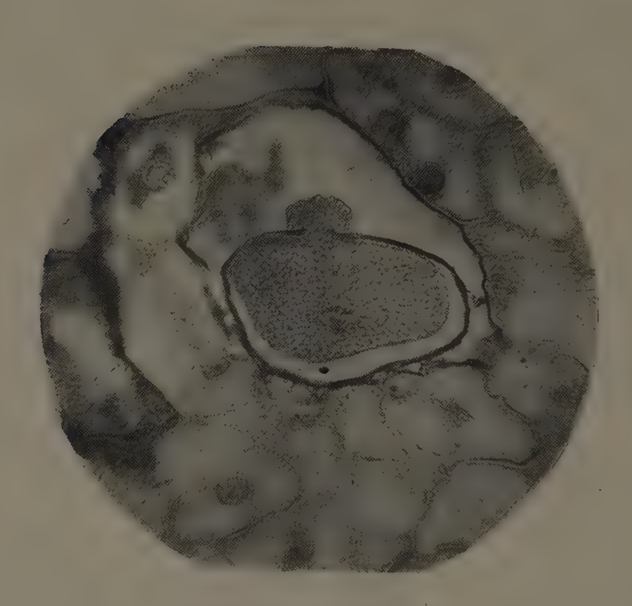


Fig. 12. — Début de migration. (Grossissement : 550 diamètres.)

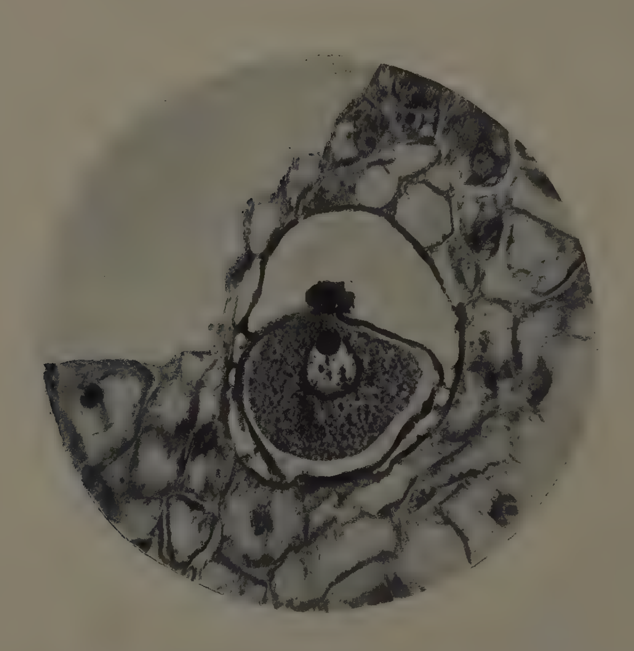


Fig. 13. — Le noyau s'engage dans le pore. (Grossissement : 500 diamètres.)

Migration (voir fig. 12, 13, 14, 15, 16). — A un certain moment, on s'aperçoit que le protoplasme devient plus dense et qu'il exerce une pression sur la paroi du prosore. La cellule-hôte s'est considérablement agrandie et le prosore n'occupe plus qu'une partie de la cavité. Une protubérance apparaît au sommet du prosore (fig. 12), elle s'accroît rapidement et à un moment donné la membrane qui le recouvrait éclate livrant passage à une portion du contenu protoplasmique qui s'épanche dans la partie supérieure de la cellule-hôte. Puis le noyau s'étire (fig. 13) et s'engage à son tour dans le pore suivi par la vacuole qui s'est allongée en forme de poire (fig. 14). Enfin le restant du protoplasme s'écoule rapidement dans la cellule-hôte. Au cours de cette migration de larges vacuoles se présentent à la périphérie du protoplasme dans l'enveloppe du prosore; l'écoulement se continuant, ces vacuoles s'agrandissent de plus en plus pour ne plus être séparées que par quelques délicats cordons comme on le voit bien sur la figure 15. Dans la figure 16 la migration est terminée, on ne distingue plus que quelques rares cordons qui subsistent encore. L'enveloppe sorale s'affaisse ensuite au fond de la cellule-hôte et disparaît peu à peu.

Sore d'été. — Il se produit alors un très grand nombre de mitoses et de nombreux points chromatiques apparaissent. A ce moment donné des membranes se forment à l'intérieur du prosore le scindant en un nombre variable de segments (fig. 17). On peut rencontrer de 4 à 9 segments (fig. 18). Plusieurs théories ont été émises pour expliquer cette segmentation, nous ne pouvons les exposer ici.

Formation de la rosette (voir fig. 19). — Peu de temps avant le commencement de la migration, les cellules épidermiques en contact avec la cellule contaminée, subissent une élongation considérable. Ce sont des cellules turgescentes, réfringentes et, quand elles sont observées par-dessus elles se montrent disposées radialement autour de la cellule-hôte qui est déprimée en son centre. Leur développement se continuant, leur extrémité libre se recourbe légèrement vers l'intérieur recouvrant la cellule-hôte et formant ainsi au-dessus d'elle une chambre naturelle qui retient l'humidité à la surface. Ces cellules se cloisonnent ensuite transversalement et augmentent le volume de la rosette.

Les cellules de l'hôte situées au-dessus de la cellule contaminée se divisent abondamment dans une direction parallèle à la surface de la tumeur ce qui entraîne la rupture de la cloison de la cellule-hôte.

Tumeur (voir fig. 20). — Ce sont ces divisions répétées de toutes les cellules se trouvant en contact avec toutes les cellules contaminées qui provoquent la formation de tumeurs plus ou moins volumineuses.

Emission de zoospores. Gamètes. Zygotes. — Pendant que les cellules environnantes se multiplient, le sore d'été continue rapidement son évolution; par un processus assez complexe les zoospores se constituent dans son intérieur; peu à peu elles deviennent libres, exercent une forte pression sur les parois cellulaires et provoquent la rupture de celles-ci. Elles sont alors expulsées au dehors soit

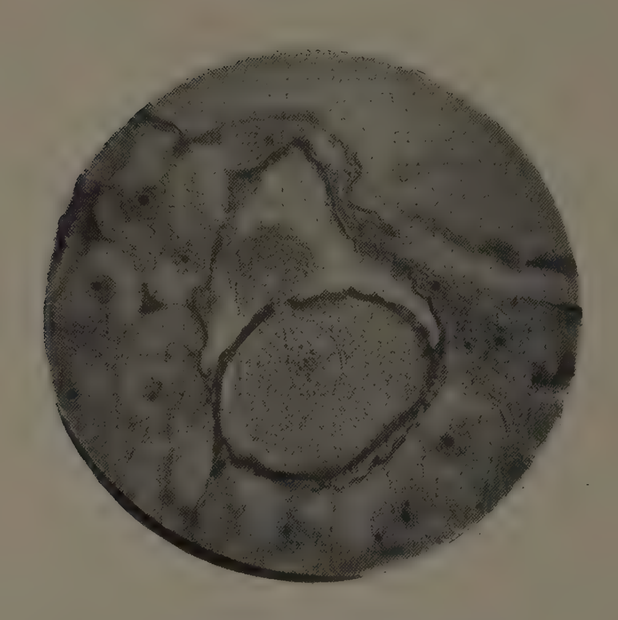


Fig. 14. — Puis la vacuole se déforme et est expulsée.
(Grossissement : 550 diamètres.)

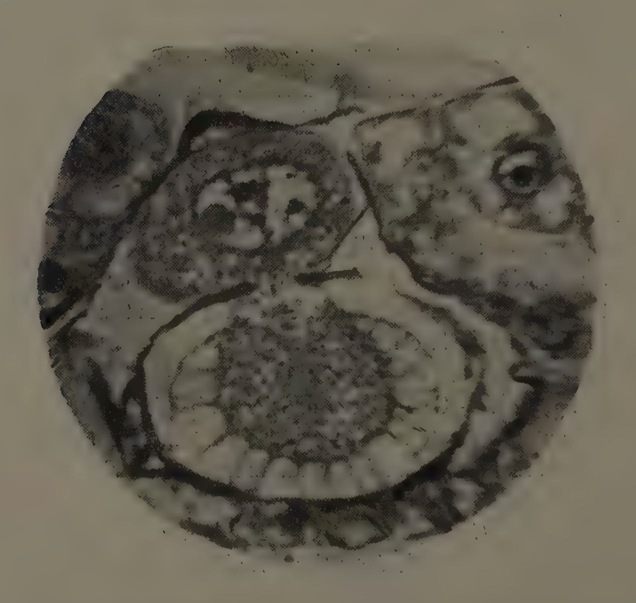


Fig. 15. — Tout le contenu protoplasmique s'épanche au dehors provoquant de nombreuses vacuoles séparées entre elles par de délicats cordons de linine. (Grossissement : 1.050 diamètres.)

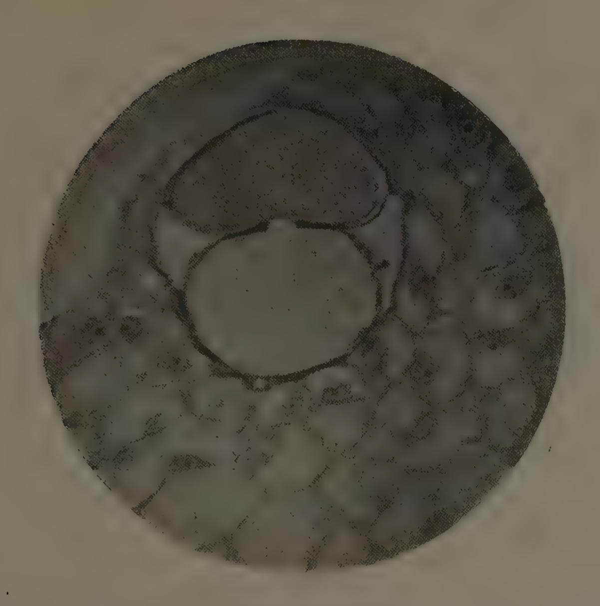


Fig. 16. — La migration vient de se terminer. (Grossissement : 55o diamètres.)

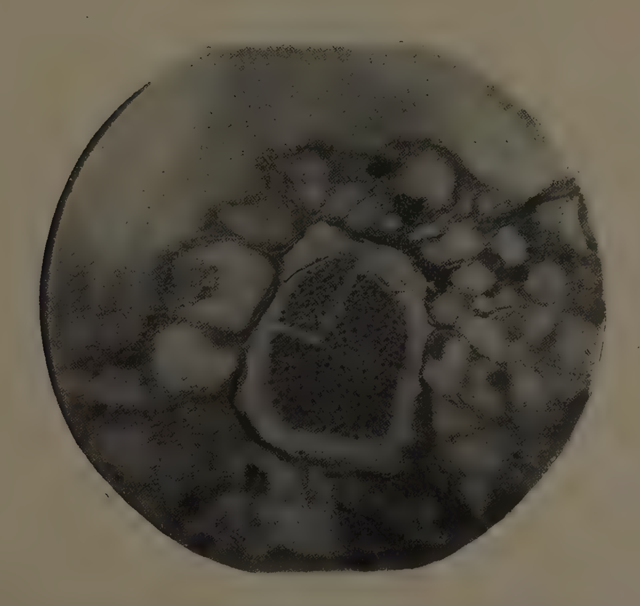


Fig. 17. — Un sore d'été. On aperçoit nettement la différenciation en zoospores du contenu cellulaire (Grossissement : 55o diamètres.)

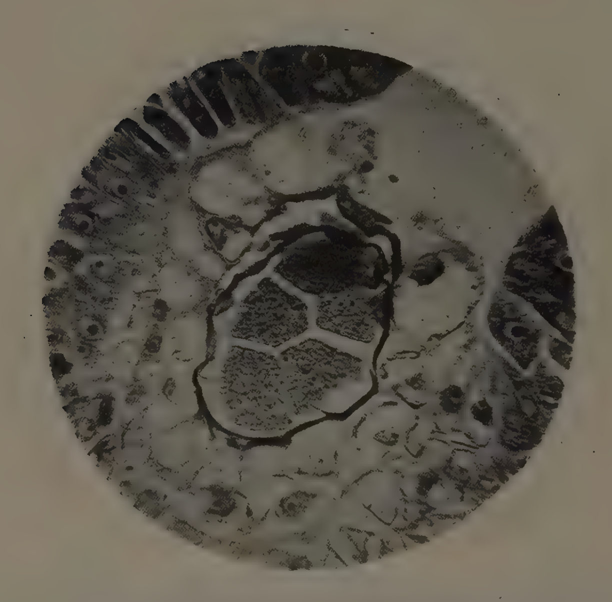


Fig. 18. — Un sore d'été cinq fois augmenté. (Grossissement : 550 diamètres.)

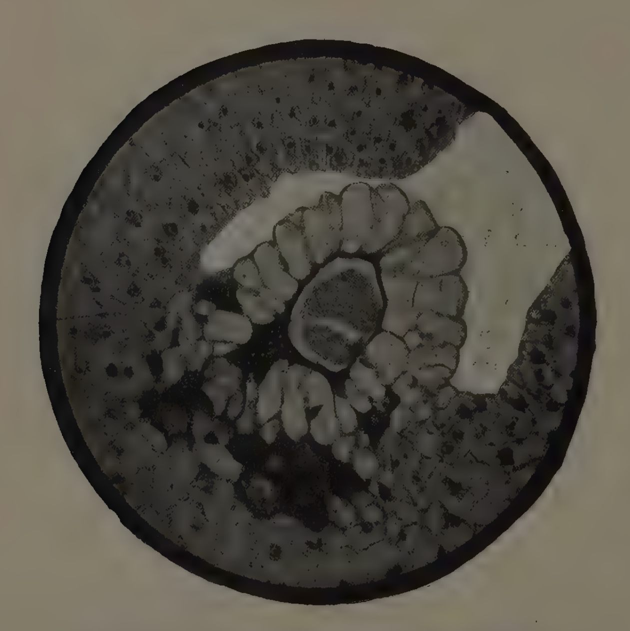


Fig. 19. — La rosette. (Grossissement : 260 diamètres.)

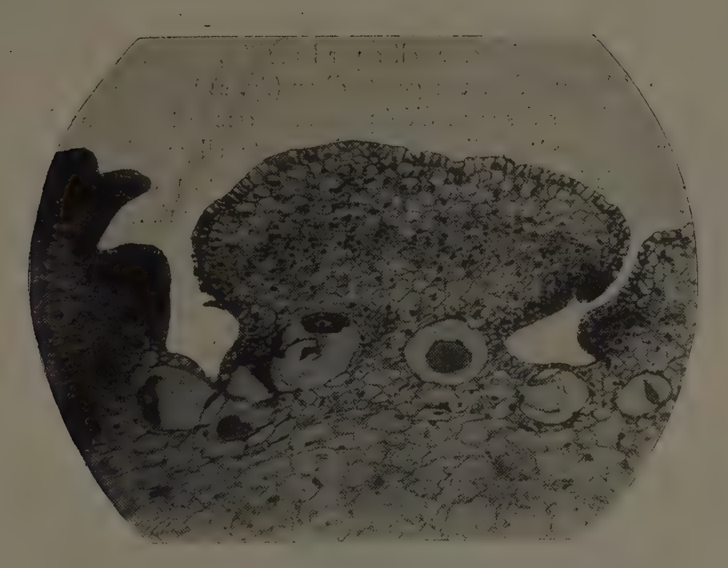


Fig. 20. — Une coupe dans une tumeur. (Grossissement : 90 diamètres.)



Fig. 21. — Expulsion d'un sporange entier. (Grossissement : 1.000 diamètres.)

isolément soit, plus rarement c'est un sporange entier (fig. 21) qui s'échappe de la cellule. Cette libération du sporange entier semble provenir du fait que l'éclatement du sore s'est produit avant la complète maturité des zoospores et que celles-ci sont encore réunies entre elles par leurs cils. Toutefois elles ne tardent pas à s'isoler et à nager dans une goutte d'eau (fig. 22).

Les zoospores issues des sores d'été peuvent se comporter comme des organes sexués, comme des gamètes. Elles peuvent s'unir entre elles par isogamie et donner un zygote. Cette fusion ne peut se faire qu'entre zoospores provenant de sporanges différents ; pourtant ces sporanges peuvent appartenir au même sore. Ces gamètes

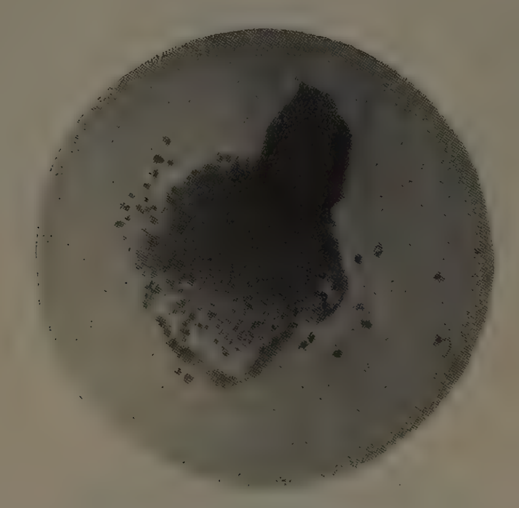


Fig. 22. — Dans une goutte d'eau les zoospores s'isolent de la masse du sporange. (Grossissement : 600 diamètres.)

s'unissent généralement par deux, mais il n'est pas rare d'en trouver un plus grand nombre constituant un seul zygote (fig. 23).

La zoospore provenant d'un sporange de repos et celle non fécondée issue d'un sporange d'été sont morphologiquement semblables, quoique celle provenant d'un sporange de repos soit fréquemment un peu plus grosse. Si l'une ou l'autre de ces zoospores pénètre à l'intérieur d'une cellule, elle ne peut donner qu'un sporange d'été. Le zygote au contraire évolue toujours en sporange de repos.

ÉTUDE DE LA RÉSISTANCE DES VARIÉTÉS.

Un travail urgent s'imposait : déterminer quelles étaient les variétés cultivées en France douées d'immunité vis-à-vis de la maladie verruqueuse. Nous étions assez renseignés sur les variétés étrangères. Comme en France nous ne possédions pas de zone contaminée, Ducomet et Foex en prévision de l'introduction de cette

maladie, avaient fait déterminer par des laboratoires étrangers la résistance de quelques variétés couramment cultivées en France.

L'existence du foyer de la Bruche allait nous permettre d'opérer par nous-mêmes.

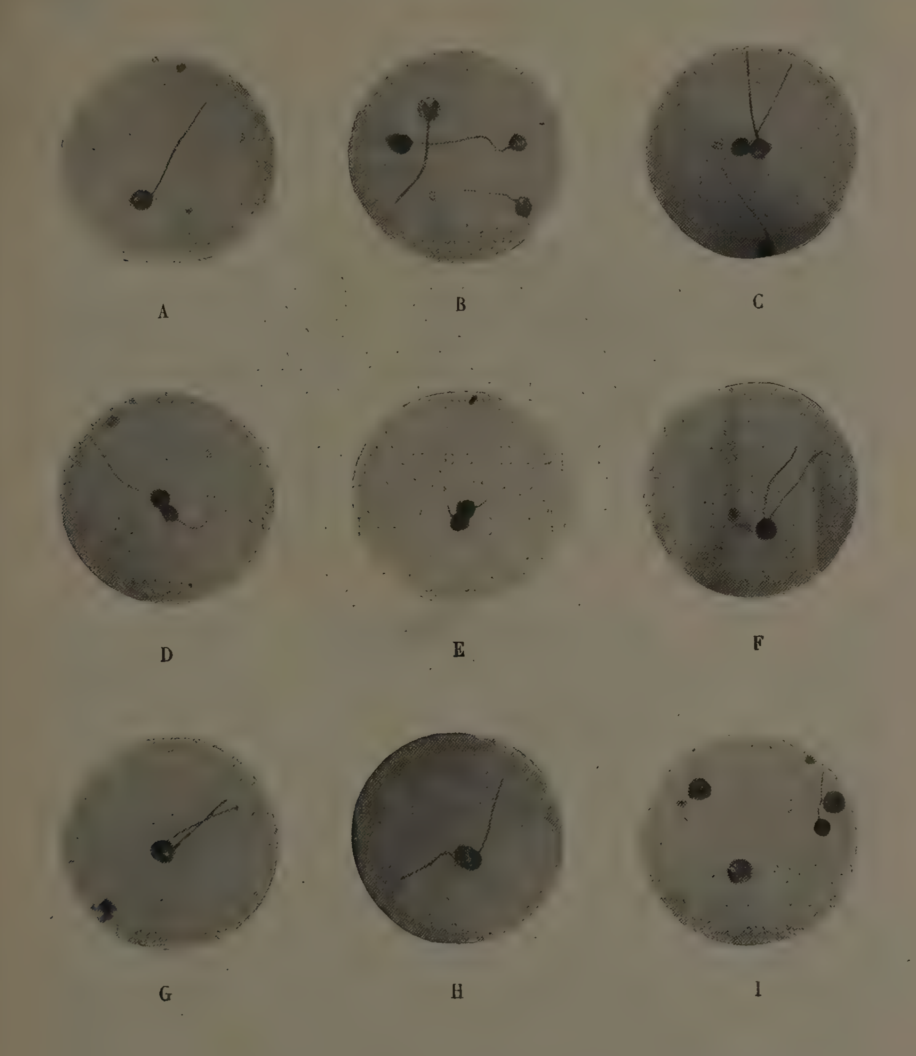


Fig. 23. — Zoospores. — Copulations. — Zygotes. (Grossissement : 1.000 diamètres.)

A et B.......	Zoospores.
C............	Zoospores et début de copulation.
D, E.........	Copulations.
E, G, H.....	Zygotes.
I............	Zygotes ayant perdu leurs cils.

1° Essais en champ contaminé.

C'est dans ce but que le champ le plus fortement contaminé fut loué, et dès 1926, toute une série de variétés françaises et étrangères furent expérimentées (fig. 24).

Environ trois cents variétés pouvaient être plantées dans le champ.

En général les variétés reconnues résistantes n'étaient pas très précoces et laissaient un peu à désirer au point de vue culinaire. Aussi la Station de Phytogénétique de Grignon alors dirigée par Ducomet essaya-t-elle immédiatement, par semis et hybridation, d'obtenir des variétés nouvelles plus précoces et meilleures. Tous les produits obtenus trouvaient place aussitôt dans le champ d'expériences de Russ.

Pour l'essai de la résistance à la maladie, on plantait un minimum de douze tubercules ce qui constituait une ligne. Chacune de ces lignes était contiguë à une de « Wohltmann », prise comme témoin d'infection. Tous les ans nous pûmes ainsi nous rendre compte que le champ tout entier présentait uniformément une infection massive.

On suivait de très près les premières apparitions de galles en déchaussant les pieds de quelques « Wohltmann », cette opération était conduite avec toutes les précautions nécessaires. D'une façon générale les premières galles étaient visibles six semaines après la plantation.

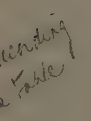
Les vérifications d'infection étaient faites à deux époques différentes : la première fin juin-début juillet, la seconde fin septembre au moment de la maturité.

La première vérification n'était faite que sur un nombre assez restreint de pieds ; elle offrait toutefois un intérêt capital car elle permettait de voir des galles précocement formées et qui auraient pu être totalement décomposées et invisibles fin septembre. Le deuxième arrachage portait sur la totalité des pieds restants.

Ducomet dans son travail sur la synonymie des pommes de terre tint compte du caractère biologique de résistance ou de sensibilité à la maladie.

Remarques sur la résistance des variétés. — D'une façon générale les constatations faites au champ de Russ concordent avec les données fournies par les pays étrangers. Le dépaysement des variétés n'a donc joué aucun rôle sur le point particulier qui nous occupe, ni sur l'état sanitaire pour ce qui concerne les maladies de dégénérescence ou autres.

Nous publions en annexe la liste des principales variétés étudiées au champ de Russ et les résultats obtenus.



Toutefois la variété hollandaise « Commandant », donnée comme résistante, a été attaquée en 1925 et ne l'a plus été pendant cinq années consécutives. Il en fut de même d'une autre variété hollandaise « Favoriet ».

Deux cas de sensibilité extrêmement réduite nous sont donnés par « Triumph », d'origine hollandaise, et « Ursus », d'origine polonaise : « Triumph » n'a présenté aucun symptôme de maladie en 1928, 1929, 1931 et 1932 ; tandis qu'en

Fig. 24. — Vue du champ d'expériences de Russ Hersbach (Bas-Rhin).



Fig. 25. — Le laboratoire de Russ (Bas-Rhin).

1933, année pourtant défavorable à l'infection, elle a été atteinte. «Ursus» a résisté en 1926, 1927, 1928, 1929, 1931, 1932 et 1933, tandis qu'elle a été attaquée en 1930. Nous devons ajouter que pour ces deux variétés en particulier, nous avons obtenu au laboratoire, par des infections artificielles, des galles caractéristiques.

Solanées diverses. — Il était intéressant de déterminer en dehors de la pomme de terre les plantes pouvant éventuellement héberger le parasite. Dans ce but un certain nombre de solanées, cultivées ou sauvages, annuelles ou vivaces, furent cultivées en terrain contaminé; il en fut de même pour une série de plantes appartenant à des familles voisines.

Parmi les Solanées utiles, le Tabac, le Piment et l'Aubergine restèrent indemnes. Pour les Tomates, les variétés suivantes furent atteintes : Tomate «Groseille», Tomate «Cerise», Tomate «Poire», Tomate «Reine des Hâtives». Par contre les Tomates «Mikado», «Grosse Lisse», «Abondance», restèrent indemnes. Chez la Tomate il se manifesta donc entre les variétés des différences de sensibilité comme chez la Pomme de terre.

Parmi les solanées sauvages, seule la «Douce-Amère» fut atteinte.

Conditions écologiques de l'infection. — Tous les ans nous obtenons au champ de Russ une infection extrêmement intense. Toutes les variétés sensibles sont très fortement atteintes. Aucun doute ne peut subsister sur ce point; toutefois certaines variétés très peu sensibles ne présentent parfois qu'une légère hypertrophie des écailles des yeux des tubercules; dans de tels cas, des échantillons sont prélevés et examinés au microscope soit par des coupes extemporanées, soit après fixation et inclusion à la paraffine.

Comme, tous les ans, l'infection se fait dès la levée, nous devons admettre que toutes les conditions d'humidité, de chaleur, d'aération, etc... sont réalisées à ce moment dans notre champ. Signalons qu'en 1926 nous avons obtenu une contamination aérienne extrêmement intense; ces galles aériennes furent beaucoup plus rares en 1927 et depuis nous ne trouvons que quelques galles situées à une faible hauteur au-dessus du sol.

Toutes les parties de la plante peuvent être envahies sauf les racines. Sur ces organes on aperçoit assez fréquemment de petites excroissances qui pourraient induire en erreur; mais à la loupe on voit que la surface de ces proliférations est lisse et n'offre pas l'aspect mamelonné des galles dues au *Synchytrium.* L'examen microscopique montre qu'elles sont toujours imputables au *Spongospora subterranea.*

Pour obtenir des infections nombreuses, certaines conditions de milieu sont indispensables. C'est ainsi qu'on admet que :

1° La réaction optima du sol doit se trouver aux environs de pH 7; l'infection peut toutefois se produire entre 3,9 à 8,5; elle est donc encore réalisable avec une acidité et une alcalinité relativement élevées. Nous-mêmes avons obtenu des infections dans un sol de pH 4,7. On voit donc que, dans la très grande généralité des cas, tous les terrains sont aptes à permettre la germination des sporanges de repos;

2° La germination des sporanges de repos peut se faire dans un sol renfermant 45 p. 100 de sa capacité d'absorption d'eau. Cette proportion doit être de 90 p. 100 pour que les zoospores puissent se mouvoir;

3° La température doit être comprise entre 15 et 20°. Dans les sols où les variations de température sont très grandes à cette époque de l'année, on admet que la moyenne journalière doit être de 21°;

4° L'aération doit être suffisante. Les terrains lourds, compacts, asphyxiants offriraient des conditions défavorables. Dans la pratique, tous les foyers que nous avons découverts se trouvent en effet dans des sols légers.

2° Essais au laboratoire.

Le nombre de variétés nouvelles obtenues par diverses Stations de Génétique augmenta rapidement. Le champ de Russ fut bientôt trop petit pour expérimenter toutes ces créations.

Comme il était difficile de louer d'autres champs, on jugea préférable d'installer, dans la zone contaminée, un laboratoire de campagne, lequel était surtout destiné à reconnaître la sensibilité ou la résistance à la maladie du plus grand nombre possible de variétés au moyen d'infections artificielles (fig. 25).

Méthodes employées. — Diverses méthodes furent expérimentées. Ce fut celle décrite par Spieckermann et Kotthoff qui nous donna les meilleurs résultats.

Voici très brièvement résumé comment nous l'appliquons : le matériel fongique est prélevé dans le champ d'expériences lors de l'arrachage des pommes de terre. Les galles sont soigneusement récoltées et mises dans des paniers en fils de fer galvanisé. Ces paniers sont ensuite légèrement enterrés et recouverts de sable fin afin de mettre les galles dans des conditions identiques à celles qu'elles subiraient dans la nature. Ces paniers restent en place jusqu'au mois de janvier, date à laquelle commencent nos travaux au laboratoire.

Nous avons fait quelques essais pour rechercher quel était le meilleur moyen de conservation des galles. C'est ainsi que des pots remplis de galles sont restés à l'air libre et que des paniers ont été enterrés à des profondeurs variables allant jusqu'à 1 m. 50. Les essais comparatifs faits avec ces diverses galles ont donné des pourcentages d'infection en tous points comparables.

Pour les infections nous nous sommes servis de cuvettes en terre cuite de 20 centimètres × 20 centimètres et de 5 centimètres de profondeur, et surtout des caissettes en bois de 23 centimètres × 28 centimètres et de 5 centimètres de profondeur. Dans les terrines nous pouvons mettre 16 fragments de tubercules, et 20 dans les caissettes en bois (voir fig. 26).

L'infection au moyen des sporanges de repos est réalisée de la façon suivante : les tubercules sont découpés en parallélépipèdes présentant à leur surface un œil bien conformé. Dans le fond de la cuvette on dispose une couche de quelques centimètres de sable assez fin et suffisamment humecté. Les fragments de tubercules sont disposés symétriquement et enfoncés dans le sable de façon que l'œil

émerge bien. On prépare ensuite un mélange aussi homogène que possible de sable et de matériel fongique amené à un degré d'humidité assez voisin de la saturation. Suivant notre provision de matériel fongique, le mélange est réparti sur toute la surface de la cuvette et sur une épaisseur de deux centimètres environ, ou simplement disposé par petites poignées sur les yeux émergeants. Le tout est ensuite recouvert d'une couche de sable plus grossier pour éviter, dans une certaine mesure, une évaporation excessive. Les cuvettes sont recouvertes d'une plaque de verre, étiquetées et portées, soit dans les étuves électriques, soit dans la salle-laboratoire qui peut être maintenue à une température relativement constante grâce au chauffage central.

Dans ces conditions nous obtenons des infections visibles au bout de trois à quatre semaines, mais il faut attendre cinq à six semaines avant d'avoir des galles fraîches suffisamment nombreuses pouvant servir à des contaminations ultérieures (méthode Lemmerzahl).

Avant chaque série d'infections nous vérifions la vitalité des sporanges de repos dont nous allons nous servir. Cet examen est fait suivant une technique que nous exposerons plus loin.

Nous avons essayé de commencer nos infections avec des sporanges de repos dès la mi-novembre, mais les résultats ne furent que partiels et les premières galles n'apparurent qu'au bout de dix semaines et plus. Dans ces conditions beaucoup de tubercules pourrissaient et, de plus, nous étions obligés de couper les germes un trop grand nombre de fois. Lorsque nous voulons commencer les essais en décembre, nous employons des galles de l'année précédente et nous obtenons ainsi des infections beaucoup plus hâtives et régulières.

Il semble donc que les sporanges de repos ne puissent émettre des zoospores qu'après une assez longue période de maturation. Cette maturation ne paraît être que peu influencée par une exposition d'une quinzaine de jours à une température de — 4°, — 5°. Des galles furent prélevées à la récolte et mises dans un panier métallique laissé à l'air libre jusqu'à la mi-novembre. A cette date un certain nombre de galles furent mises dans un frigorifique maintenu à — 4°, — 5°. Après 15 jours d'exposition au froid, ces galles nous servirent à faire des contaminations concurremment avec des galles n'ayant pas subi cette action : les infections furent exactement du même ordre.

Ce n'est que fin janvier que les sporanges paraissent mûrs et que nous pouvons obtenir des infections régulières.

Depuis le début de la découverte du foyer de maladie verruqueuse, c'est-à-dire en 1925, tous les ans un certain nombre de galles desséchées à l'air libre ont été conservées dans des bocaux en verre. En 1931, ces galles nous servirent à confectionner un certain nombre de cuvettes garnies de « Wohltmann ». Tous ces sporanges, de 1925 à 1930, donnèrent très approximativement le même pourcentage d'infections. On voit donc que la dessication à l'air libre n'entraîne pas la mort du sporange, et qu'il garde sa vitalité pendant un assez grand nombre d'années. Il ressort de cet essai que tous les locaux ayant servi d'entrepôt à des pommes de terre infectées, peuvent être une source de contamination pendant longtemps

s'ils n'ont pas été énergiquement désinfectés. Il en est de même pour lès sacs et autres emballages.

C'est principalement la méthode de SPIECKERMANN et KOTTHOFF qui nous sert pour l'étude de la résistance des variétés. Cette méthode est un peu plus longue que celle employée par LEMMERZAHL (que nous indiquons ci-dessus) mais elle nous donne une très grande régularité d'infections. Elle exige, il est vrai, une grande quantité de matériel fongique.

Il était naturel d'essayer d'employer les jeunes galles pour obtenir de rapides infections. A ce stade, la jeune galle renferme des sores de sporanges dont l'évolu-



FIG. 26. — Infections artificielles.
A gauche, caissette préparée pour la méthode LEMMERZAHL;
à droite, pour la méthode SPICKERMANN et KOTTHOFF.

tion est très rapide et dont l'émission de zoospores dans une goutte d'eau se fait en quelques minutes. Nous avons essayé comparativement les diverses méthodes décrites par les auteurs et nous nous sommes arrêtés à celle exposée par LEMMERZAHL. Voici, très brièvement, en quoi elle consiste :

Des fragments de tubercules, préparés comme dans la méthode de SPIECKERMANN, sont disposés dans des cuvettes contenant une bonne couche de sable fin suffisamment humecté d'eau. On attend que l'œil entre en évolution. On entoure alors celui-ci d'un anneau de vaseline que l'on remplit d'eau, on place ensuite sur l'œil un fragment de jeune galle qu'on laisse en place pendant 4 à 6 heures (fig. 26). Au bout de 45 à 60 minutes, on assiste à l'apparition dans l'eau d'un très grand nombre de zoospores qui circulent rapidement et qui viennent contaminer les jeunes cellules du bourgeon. Cette émission se ralentit peu à peu et elle est

presque terminée au bout de 4 heures. On enlève ensuite le morceau de galle et on fait écouler l'eau en excédent. Les premières manifestations extérieures de l'infection peuvent se constater au bout de 10 à 15 jours. Les galles ainsi obtenues servent naturellement pour des infections ultérieures.

Par ces méthodes, il nous est possible d'étudier au laboratoire du mois de janvier au mois d'avril, plusieurs centaines de variétés. Toutes celles qui ont été infectées sont classées comme sensibles et ne paraîtront plus dans le champ. Celles qui sont restées indemnes sont expérimentées de nouveau et, si elles sont encore dépourvues de maladie elles seront plantées dans le champ pour confirmation, mais il est très rare qu'on obtienne une infection dans le champ si on n'en a pas eu au laboratoire.

Des variétés se montrant généralement résistantes dans le champ comme «Ursus» et «Triumph», sont facilement infectées par la méthode de Spieckermann et Kotthoff. Mais souvent cette infection ne se traduit extérieurement que par des déformations assez peu apparentes. Pour avoir une certitude on est obligé de faire des coupes et de les examiner au microscope. En examinant ces coupes faites au microtome et convenablement colorées, nous avons été surpris par la rareté des prosores et des sporanges d'été. Chez les variétés spéciales et bien que nous ayons examiné plusieurs milliers de coupes, il ne nous a pas été possible de trouver des sores d'été, ni des prosores au stade de la migration, c'est-à-dire évoluant vers le sore de sporanges. Tous les sporanges semblent évoluer vers le sporange de repos. Mais, étant donné que d'après Miss Curtiss les sporanges de repos ne peuvent donner que des zoospores asexuées, donc incapables de s'accoupler et de donner les kystes observés et ne pouvant donner que des sores d'été, nous sommes obligés d'admettre jusqu'à preuve du contraire, que cette infection primaire a été extrêmement rapide et de faible importance pour qu'elle ait pu échapper à nos investigations. Tous les cas que nous avons pu constater ne seraient donc dus qu'à des infections secondaires. Le cas est assez troublant et mérite comme on le voit, d'être examiné de plus près.

Essais de germination de sporanges de repos. — C'est au moyen des sporanges de repos que se transmet la maladie. On voit quelle importance offre l'étude de ce stade. Si nous connaissons parfaitement son origine et son histologie, nous devons avouer que nous ignorons pourquoi certains de ces sporanges peuvent émettre leurs zoospores l'année même de leur formation, alors que d'autres doivent attendre un grand nombre d'années avant d'atteindre leur maturité. Certains auteurs déclarent avoir obtenu des infections dans des champs ayant été contaminés et n'ayant pas porté de pommes de terre depuis 8 et 9 ans. Nous-mêmes avons pu nous rendre compte que des sporanges conservés dans des flacons de verre pendant 5 ans n'avaient pas perdu leur vitalité.

Nous nous sommes naturellement attachés à l'étude de la germination du sporange de repos. Voici comment nous opérons :

Une portion de galle est dilacérée avec soin dans une petite quantité d'eau; après agitation le tout est projeté dans un grand tube à essai et laissé au repos.

Lorsque la décantation est suffisante, au moyen d'un tube de verre nous prélevons une petite quantité du produit en enfonçant le tube vers le tiers supérieur du dépôt. De cette façon nous obtenons en majeure partie des sporanges et sommes débarrassés de la terre et du sable qui gêneraient grandement les opérations ultérieures. Le produit prélevé est étalé en couche mince sur une lame de verre qui est portée immédiatement dans un exsiccateur. Lorsque la presque totalité de l'eau a disparu, la lame de verre est placée sur la platine d'une loupe binoculaire, et, avec un grossissement de 60 diamètres environ, il nous est possible de prélever, au moyen d'une aiguille, le nombre désiré de sporanges. Avec beaucoup d'habitude on peut même arriver à ne choisir que des sporanges entiers, c'est-à-dire n'ayant pas encore émis de zoospores. Les sporanges vides offrent en effet un aspect particulier.

Nous avons déterminé à des époques différentes les nombres de sporanges vides, morts et vivants par la méthode à la fuchsine à 2 p. 100 décrite par Miss Mary Glynne. Voici les chiffres trouvés pour deux dates différentes :

	Sporanges examinés	
	Début décembre.	Fin février.
Sporanges vides	5 à 10 p. 100	53 p. 100
Se colorant immédiatement (morts)	10 à 15 p. 100	16 p. 100
Ne se colorant pas (vivants)	75 p. 100	31 p. 100

De très nombreux essais nous ont permis de constater que, si les conditions de température et d'humidité sont convenables, c'est surtout à partir du mois de janvier que les sporanges arrivent à maturité et émettent leurs zoospores. Pendant les mois de novembre et de décembre le pourcentage de sporanges vides ne s'accroît que faiblement. Dans la nature il est vraisemblable que l'émission des zoospores est plus tardive et n'acquiert son maximum que vers le mois de mai lorsque la température moyenne ne s'écarte guère de 21°.

Malgré nos recherches systématiques il ne nous a pas été possible de trouver des hyperparasites, tant sur les sporanges conservés pour les essais que sur ceux extraits du sol.

RÉSUMÉ.

La maladie verruqueuse de la pomme de terre est apparue en France en 1925. Ce fut dans le département du Bas-Rhin, dans la vallée de la Bruche, que le premier foyer fut constaté.

Aussitôt des recherches systématiques furent entreprises pour découvrir tous les foyers pouvant éventuellement exister. Ces recherches se poursuivent tous les ans.

Pour enrayer l'extension de la maladie, l'administration prescrivit, dans les zones contaminées, la culture exclusive de variétés résistantes à cette maladie.

Un champ d'expériences fut installé dès la première année dans la zone conta-

minée. Ce champ servit à nous renseigner sur le caractère de résistance ou de sensibilité des diverses variétés de pommes de terre.

Les Stations de Génétique du Ministère de l'Agriculture s'attachèrent à la création de variétés nouvelles résistantes soit par semis, soit par hybridation.

A de très rares exceptions près, les variétés étrangères données comme résistantes, le furent également dans notre champ d'expériences.

Parmi les solanées utiles, le tabac, le piment, l'aubergine restèrent indemnes. Chez la tomate on trouve des variétés sensibles et d'autres résistantes.

Parmi les solanées sauvages, seule la Douce-Amère fut atteinte.

Pour que les infections se fassent normalement, certaines conditions écologiques sont indispensables.

Avec la multiplicité des variétés nouvelles créées par les Stations de Génétique précitées le champ d'expériences se montra rapidement trop exigu. On décida alors d'installer un laboratoire de campagne à Russ, en pleine zone contaminée pour pouvoir étudier le plus grand nombre de variétés par des infections artificielles. Les méthodes employées furent celles de Spieckermann et Kotthoff, et de Lemmerzahl.

Grâce à ce laboratoire nous avons pu suivre les principaux stades de développement du *Synchytrium endobioticum* dans son hôte et les photographier.

Principales variétés de pommes de terre étudiées au champ de Russ.

(R = résistante. — S = sensible.)

	1926.	1927.	1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.
Aal	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Abendstern	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Abundance	R	....	....	....	R	....	....	....	....	R
Ackersegen	....	....	....	....	....	R	R	....	....	R
Adelheid	....	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Albabona	....	....	....	....	....	R	R	R	....	....
Alberta	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Albion	....	....	....	....	....	....	R	....	R	....
Alfa	....	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Ally	R	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Alma	....	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Alpha	....	R	R	....	....	R	....	....	....	....
Altgold	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Arnika	R	R	....	....	R	....	....	....	....	....
Arran Comrade	R	R	....	....	R	....	....	....	....	....
Arran Consul	....	R	....	....	....	....	....	....	....	....
Arran Crest	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Arran Victory	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Asperge	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Aumiot 485	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....

	1926.	1927.	1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.
Bato	....	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Belle de Fontenay	R	R	R	R	R	....	....	....	....	....
Ben Lomond	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Berlichingen	....	....	....	....	....	R	R	R	....	....
Berolina (v. Rote Tiefgelbe)	....	....	....	....	....	R	....	....	....	....
Beseler	R	R	....	....	R	....	....	....	....	....
Betula	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Bevelander	....	R	R	R	R	....	....	....	....	....
Bintje	....	S	....	....	S	....	....	S	....	....
Bishop (The)	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Blanchard	R	R	....	R	R	....	....	....	....	....
Bonnette (Noirmoutier)	....	....	....	R	R	R	....	....	....	....
Burbank	R	R	....	....	R	....	....	....	....	....
Burbank (Improved)	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Burbank (Russet)	R	R	....	....	....	....	....	....	....	....
Canada	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Cellini	....	....	....	R	R	R	....	....	....	....
Centifolia	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Cepa	....	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Cérès	....	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Chardon	R	R	R	R	R	....	....	....	....	....
Chardon Mazéas (à fleurs colorées)	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Concurrent	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Curba	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Commandant	S	R	R	R	R	R	....	....	....	....
Commune de Nérac	....	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Criolla (Colombie)	....	....	S	....	....	....	....	....	....	....
Curiquinga (Uruguay)	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Czarine	R	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Dalia	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Dargill Early	....	....	....	R	R	....	....	R	....	....
Datura	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Deodara	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Domaci	R	R	....	....	....	....	....	....	....	....
Early rose	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Eerstelingen	....	S	....	S	....	....	....	....	....	....
Eigenheimer	S	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Ella	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Energic	....	R	R	....	....	....	....	....	....	....
Enorm	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Erdgold	....	....	....	R	R	....	....	R	....	....
Erfolg (Böhm's)	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Étoile du Loiret	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Eureka (Extra-Early)	R	R	....	R	R	....	....	....	....	....
Express	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Favoriet	S	R	R	R	R	....	....	....	....	....
Feldglück	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Ferd. Heine	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....

	1926.	1927.	1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.
Feuergold	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Feuerragis	....	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Fin de siècle	....	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Fluke	R	R	R	R	R	....	....	....	....	....
Forelle	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Franz	....	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Friss	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Früheste (Thiele)	....	R	....	....	....	....	....	....	....	....
Frühe Ertragsreiche	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Frühe von Fromsdorf	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Frühgold	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Furore	....	....	....	....	R	R	R	....	....	....
Fürst Bismark	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Flava	....	....	....	....	....	....	....	R	R	R
Géante bleue	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Gedymin	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Gelkaragis	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Gisevius (Prof.)	....	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Glasgow Favourite	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Gluckauf	....	R	R	....	R	....	....	....	....	....
Gneisenau	....	....	....	....	....	....	R	R	....	....
Godine des Vosges	....	R	R	....	....	....	....	....	....	....
Goldadler	....	....	....	....	....	R	R	R	....	....
Goldball	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Goldfink	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Goldgelbe	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Goldregen	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Golldwährung	....	....	....	....	....	....	....	R	R	R
Gracya	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Gratiola	....	....	S	S	....	....	....	....	....	....
Great Scot	R	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Green Mountain	R	R	....	R	....	....	....	....	....	....
Gwenkorn	....	....	....	....	....	....	....	....	....	S
Hagen	....	....	....	....	....	S	S	....	....	....
Hellena	....	....	....	....	....	....	R	R	....	....
Hindenburg	R	R	....	....	R	....	....	....	....	....
Hollande du Gâtinais	R	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Hollande de Roscoff	S	S	....	S	....	....	....	....	....	....
Hollandia	....	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Ideaal	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Imperia	....	S	....	S	....	....	....	....	....	....
Incomer	....	R	R	....	....	....	....	....	....	....
Industrie	S	S	....	S	S	....	....	....	....	....
Institut de Beauvais	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Inverness Favourite	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Irish Chieftain	R	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Irish Cobbler	R	R	....	....	R	....	....	....	....	....
Isolde	....	....	....	....	....	R	R	....	....	....

	1926.	1927.	1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.
Jaune de Liddes	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Jaune d'Or	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Johann[illegible]en	....	R	R	R	R	R	....	....	....	....
Jubel	....	R	....	....	R	R	....	....	....	....
Jubileum	....	....	....	....	....	....	R	R	....	....
Juli	R	R	....	....	....	R	....	....	....	....
Jumeline (Noirmoutier)	....	....	....	R	....	....	....	....	....	....
Kaiserkrone	....	S	....	S	....	....	....	....	....	....
Kelt	....	....	....	....	....	....	....	S	....	....
Kemmel	....	R	R	R	R	....	....	R	....	....
Kerr's Pink	R	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Kerr's White	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Kleinod	....	....	R	R	....	....	....	....	....	....
King Edward	....	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Kofk	R	....	....	....	R	R	....	....	....	....
Kuckuck	....	R	R	....	....	....	R	....	....	....
Konsuragis	....	....	....	....	....	....	....	R	R	R
Lichtblick	....	....	R	R	....	....	R	....	....	....
Lieuwe	....	S	R	....	....	....	....	....	....	....
Lochar	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Lutzow	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Maercker	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Magdeburger blaue	....	....	....	....	....	....	R	....	....	....
Magnum bonum	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Maibutter	....	....	....	R	R	R	....	....	....	....
Majestic	R	....	....	R	R	....	....	....	....	....
Maréchal Foch	....	S	....	....	S	....	....	....	....	....
Marjolin	....	....	....	....	....	....	....	....	S	....
Max Delbrück	....	....	....	R	R	R	....	....	....	....
Merlowsky	R	R	....	....	....	....	....	....	....	....
Merveille d'Amérique	R	R	R	R	R	....	....	....	....	....
Mittelfrühe	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Monocraat	....	....	R	R	....	R	....	....	....	....
Monopol	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Muntiga 17	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Neue Export	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Nierenragis	....	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Noordeling	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Odenwälder blaue	....	S	....	....	....	S	....	....	....	....
Oostermœrsche	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Ovalgelbe (Böhm)	....	....	....	....	....	....	....	R	R	R
Palatyn	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Palma	....	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Pana (Colombie)	....	....	R	....	....	....	....	....	....	....
Parnassia	R	R	....	....	....	R	....	....	....	....
Paul Krüger	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Paul Wagner	....	....	....	....	....	....	R	R	....	....
Pepo	R	R	....	....	....	R	....	....	....	....

	1926.	1927.	1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.
Perth Favourite	....	....	....	....	....	....	....	....	R	....
Petronius	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Phönix	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Polanin	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Poloragis	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Populair	....	....	....	....	R	R	R	....	....	....
Président Krüger	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Président (Poniec)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Preussen	R	R	R	....	....	R	....	....	....	....
Primel	....	S	....	....	....	....	S	....	....	....
Prozentragis	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....
Quarantaine violette	....	....	....	....	R	R	R	....	....	....
Quitte	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Ragis zehn	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Ratte	R	S	....	S	S	S	....	R	....	....
Regent	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Reine des Sables	R	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Response	....	R	R	....	....	....	....	....	....	....
Rhoderick Dhü	R	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Robijn	....	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Robinia	....	....	....	....	....	....	....	....	R	R
Ronde jaune du Trégor	....	....	....	....	....	....	....	R	....	....
Roode Industrie	S	....	S	S	....	....	....	....	....	....
Roode Star	S	S	S	S	....	....	....	....	....	....
Roon	....	R	....	....	....	....	....	....	....	....
Rosa	R	R	R	R	....	....	....	....	....	....
Rosa (Cherbourg)	....	....	....	....	....	....	....	S	....	....
Rosa (Eure)	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Rosafolia	....	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Rosenniere	....	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Rote Tiefgelbe	....	....	....	....	....	....	R	....	....	....
Rotkaragis	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Royal Kidney	....	S	....	....	....	S	....	....	....	....
Rubia	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Rural New-Yorker	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Samlandgold	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Satisfaction	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R
Saucisse	S	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Schamrock	R	....	....	....	....	R	R	....	....	....
Seydlitz	....	....	....	....	....	....	R	S	R	....
Sickingen	....	....	....	....	....	....	R	R	R	....
Silésia	....	S	S	....	....	....	....	....	....	....
Snarkwest	S	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Sol. Caldasii	R	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Sol. Commersonii	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Sol. Maglia	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Sonnenragis	....	....	....	....	....	S	....	....	....	....
Souvenir	....	....	....	....	....	....	....	....	....	R

	1926.	1927.	1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.
Spaulding rose.................	R	R	R	....	....	....	....	....	....	....
Splendo......................	....	S	....	....	....	....	....	....	....	....
Steinthäler....................	....	R	....	R	....	....	....	....	....	....
Tannenberg....................	....	R	R	....	....	....	....	....	....	....
Templar......................	R	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Thorbecke....................	....	....	....	....	....	....	S	....	....	....

BIBLIOGRAPHIE.

Principales publications consultées :

Artschwager (E. F.). — Anatomical studies on Potato wart. (*Journ. Agr. Res.*, 23, p. 963-968, 1923.)

Botjes (J. O.). — Bodemontsmetting ter bestryding van de Aardappelwratziekte. (*Rev. of Appl. Myc.*, vol. IX, p. 553, 1930.)

Curtiss (K. M.). — The life history and cytology of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. The cause of wart disease in potato. (*Phil. Trans. Roy. Serv.*, B. CCX, 409-478, 1920.)

Ducomet et Foëx. — La maladie verruqueuse de la pomme de terre. (*Compt. rend. Acad. d'Agr. de France*, XII, 33-34, p. 935-938, 1926.)

Esmach (F.). — Zur Biologie des Kartoffelkrebses. (*Deutsch. Landw. Presse*, 51, 11-18, 1924.)

—— Untersuchungen zur Biologie des Kartoffelkrebses. (*Angew. Bot.*, IX, 2, p. 88-124, 1927.)

Foëx. — La maladie verruqueuse de la pomme de terre. (*Journ. Soc. Nat. Hort. de France*, 4e série, t. XXVI, p. 309-369, août 1925.)

Glynne (Mary D.). — Infection experiments with wart disease of potatoes *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (*Annals of Applied biology*, XII, p. 34-60, 1925.)

—— The viability of the winter sporangium of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. The organism causing wart disease in Potato. (*Annals of Applied Biology*. vol. XIII, n° 1, February 1926.)

—— Wart disease of Potatoes : The development of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in immune varieties. (*Ann. of Applied Biol.*, XIII, 3, p. 358-359, 1926.)

Gough (G.-C.). — Wart disease of potatoes (*Synchytrium endobioticum*). A study of its history, distribution and the discovery of immunity. (*Journ. Roy. Hort. soc.*, 45, p. 301-312, 1919.)

Köhler (Erich). — Ueber den derzeitigen Stand der Erforschung des Kartoffelkrebses. *Arb. aus der biol. Reichs. f. Land- und Forstw.*, Elfter Band, Heft, 4, p. 289-320, 1923.)

—— Beiträge zur Keimungsphysiologie der Dauersporangien des Kartoffelkrebserregers. (*Arb. Biol. Reichs. Land- Forstw.*, Band XIII, Heft 3, p. 369-384, 1925.)

—— Untersuchungen über den Kartoffelkrebs. (*Arb. Biol. Reichs. Land. Forstw.*, Band XIII, Heft 4, p. 385-411, 1925.)

—— Fortgeführte Untersuchungen über den Kartoffelkrebs. (*Arb. Biol. Reichs. Land. Fortstw.*, Band XIV, Heft 3, p. 267-290, 1926.)

—— Fortgeführte Untersuchungen über den Kartoffelkrebs. (*Arb. Biol. Reichs. für Land. Forts.*, Band XV, Heft 2, p. 135-175, 1927.)

—— Methodische Bemerkungen zum Infektionsverfahren nach Spiekermann [Prüfung von Kartoffelsorten nach Krebsverhalten] (*Fortschr. der Landw.*, Band II, Heft 4, p. 115-118, 1927.)

—— Ueber dans unterschiedliche Verhalten der Kartoffelsorten bei Krebsbefall (*Synchytrium endobioticum*) Vorläufige Mitteilung. (*Nachrichtenblatt Deutsch. Pflanzenschutzdients,* Band VII, Heft 5, p. 44, 1927.)

—— Beobachtungen an Zoosporen. — Aufschwemmungen von *Synchytrium endobioticum.* (*Zentralbl. für Bakt.* II. Abt., Band 82, 1930, p. 1-10.)

—— Zur Biologie und Cytologie von *Synchytrium endobioticum.* (*Phytopath. Zeitschr.*. Band IV, Heft 1, p. 43, 1931.)

—— Neue Untersuchungen über den Kartoffelkrebs. Nachrichtenbl. (*Deutsch. Pflanzens_chutzdienst,* XI, 5, p. 35-36, 1931.)

—— Ueber die verschiedenen Typen der Krebsresistenz und Krebsempfänglichkeit bei den Kartoffelsorten. *Der Züchter,* III, 7, p. 249-252, 1931.)

—— Ueber das Verhalten von *Synchytrium endobioticum* auf anfälligen und widerstandsfähigen Kartoffelsorten. (*Arb. Biol. Reichsanst. für Land- und Forstw.*, XIX, 3, p. 263-284, 1931.)

Köhler (E.) und Lemmerzahl (J.). — Ueber die Prüfung von Kartoffelsorten im Gewächshaus, auf ihr Verhalten gegen den Kartofelkrebs [*Synchytrium endobioticum*]. (*Arb. Biol. Reichsanst. für Land- und Fortsw.*, XVIII, 2, p. 177-188, 1930.)

Kusano (S.). — On the cytology of *Synchytrium.* (*Centralblatt. für Bakt.*, II, Abt. 19, p. 538-543, 1907.)

Lemmerzahl (J.). — Zur Methodik der Krebsprüfung von Kartoffelstämmen. (*Der Züchter,* III, 5, p. 138-152, 1931.)

—— Beiträge zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. (*Phytopath. Zeitschr.*, II, 3, p. 257-320, 1930.)

—— Neues vereinfachtes Infektionsverfahren zur Prüfung von Kartoffelsorten auf Krebsfestigkeit. (*Der Züchter,* II, p. 288, 1930.)

Mary (S.), Martin (B.). — Sc. Additional hosts of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (*Ann. of. Appli. Biology,* vol. XVI, n° 3, August 1929.)

Percival (John). — Potato wart disease : the life history and cytology of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (*Centralblatt Bakt. Par. und infekt,* Band 25, p. 440-447, 1909.)

Quintanilha (A.). — Contribucao ao estudo dos *Synchytrium.* Coimbra 1926. (*Separata do Boletim da sociedade Broteriana,* vol. III, IIe série.)

Reiss (P.). — Données physico-chimiques sur une tumeur végétale infectieuse. (*Comptes rendus Soc. de Biol.*, XCIII, 35, p. 1371-1373, 1925.)

Roach (W. A.). — Studies in the varietal immunity of Potatoes to wart disease [*Synchytrium endobioticum*]. (*Ann. Appl. Biol.*, X, p. 142-146, 1923.)

—— Immunity of Potato varieties from attack by the wart disease fungus (*Synchytrium endobioticum*].)*Ann. of Appl. Biol.*, XIV, 2, p. 181-192, 1927.)

—— Sulphur as a soil fungicide against the Potato wart disease organism. (*Rev. of Appl. Myc.*, vol. IX, p. 468-469, 1930.)

Roach (W. A.) and Brierley (W. B.). — Sulphur treatment of soil for wart disease. (*Nature,* CXVI, 2928, p. 865, 1925.)

—— Further experiments on the use of sulphur in relation to wart disease of Potatoes (*Ann. Appl. Biol.*, vol. XIII, n° 2, may 1926.)

ROACH (W. A.), GLYNNE MARY (W.), BRIERLEY and CROWTHER (E. M.). — Experiments on the control of wart disease of Potatoes by soil treatment with particular reference to the use of sulphur. (*Ann. of Appl. Biol.*, p. 152-190, 1925.)

SALMON (E. S.) and CROMPTON (T. E.). — Infection experiments with *Chrysophlyctis endobiotica*, the fungus causing «warty disease» or «blackscab» of Potatoes. (*Journ. South eastern Agr. Coll. Wye*, 17, p. 354-356, 1908.)

SCHAFFNIT (E.) und WOSS (G.). — Versuche von Bekämpfung des Kartoffelkrebses. (*Zeitschrift für Pflanzenkr.*, Band XXVI, p. 183, 1917.)

SCHILBERSKY. — Ein neuer Schorfparasit der Kartoffelknollen. Ber. d. (*Deutsch. Bot. Ges.*, p. 36, 1896.)

—— Die Gesamtbiologie des Kartoffelkrebses Freissing- München. F. P. Datterer et Cie, 1930.

SNELL (J.). — Armskirk Potato trials. (*Ann. Rep. 1918*, In supplement n° 18, to *journ. Bd. Agr. London*, p. 68, March 1919.)

SNELL (J.) and JOHNSON EVELYN. — Armskirk potato trials. Ann. Rep. 1919 of the trials of Potatoes immune to wart disease. (*Misc. Publi. Gt. Brit. Min. Agr. Fish.*, 28, p. 1-55, 1920.)

SNELL (K.). — Krebsfeste Kartoffelsorten. Berlin, 1929.

SPIECKERMANN und KOTTHOFF. — Die Prüfung von Kartoffeln auf Krebsfestigkeit.

WEISS (F.). — The present status of investigation of potato wart and a consideration of its economic importance. (*Proc. Potato. Assoc. Amer.*, 1923, p. 31-38, 1924.)

—— The group reaction of potato varieties to wart disease. (*Potato News Bull.*, I, p. 18-19, 1924.)

—— Deux ans d'essais de culture de quelques variétés de pommes de terre françaises en terrain contaminé par le *Synchytrium endobioticum*, à Freeland [Pennsylvania]. (*Rev. Path. Veg. Entom. Agr.*, p. 93-98, II, 1924.)

WEISS (F.). — The conditions of infection in potato wart. (Reprinted from *American journal of Botany*, vol. XII, n° 7, p. 413-443, 1925.)

WEISS (F.) and ORTON (C. R.). — The varietal and species hosts of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (*U. S. Dept. Agr. Bull.*, 1156, 1922.)

—— Further results in the inheritance of immunity of potato wart. (*Phytopathology*, 14, p. 59, 1924.)

LA GALLE VERRUQUEUSE DE LA POMME DE TERRE.

(*Synchytrium endobioticum* [*Schilb*] *Perc.*)

MISE AU POINT DE LA QUESTION DE LA RÉSISTANCE DES VARIÉTÉS

par V. Ducomet et R. Diehl.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION.

L'introduction de la galle verruqueuse en France pose, pour la culture de la pomme de terre, un problème capital.

A ce problème, il est relativement aisé d'apporter une solution si les efforts nécessaires sont entrepris dans les délais les plus rapides. En effet, un grand nombre de variétés présentent à l'égard du *Synchytrium endobioticum* une résistance pratique complète. Il importe de les faire connaître, de les essayer et d'en étendre la culture ; il est indispensable, en outre, de tenir compte de la résistance à la galle verruqueuse dans la création des variétés nouvelles.

Au moment où s'organise en France la sélection du plant, alors que pour les services agricoles se pose le problème de la lutte contre le parasite, il nous a paru intéressant de faire le point de nos connaissances concernant la résistance des variétés.

Historique de l'introduction dans les différents pays. — La galle verruqueuse fut observée pour la première fois en France en 1925 dans la vallée de la Bruche (Bas-Rhin). Il est très vraisemblable que la maladie existait déjà l'année précédente sur le même terrain et qu'elle était la conséquence de l'introduction de tubercules étrangers.

En effet, à cette époque, un grand nombre de pays, tant en Europe qu'hors d'Europe, étaient déjà envahis.

Il semble bien, d'après Schilbersky (21) que la galle verruqueuse ait été constatée pour la première fois en Haute-Hongrie, vers 1887. Cet auteur affirme

d'ailleurs qu'en 1896 le foyer avait disparu. Les données antérieures relatives à l'apparition de la galle en Angleterre vers 1860 et 1893 ne sont pas



Carte n° 1.

étayées sur des faits suffisamment précis pour qu'on puisse en tenir compte. C'est surtout à partir de 1901 qu'on a la certitude de l'apparition de la maladie en Grande-Bretagne.

Voici, en partie d'après un récent travail de A. Hilli (11), comment a évolué la maladie.

Avant la guerre mondiale, peu de pays étaient atteints. On pouvait citer :

La *Hongrie,* où la galle était apparue depuis 1887 pour disparaître en 1896.

La *Grande-Bretagne.* Un premier foyer y apparut en 1901 (Birkenhead), puis en 1902 on en signale d'autres en Écosse, Pays de Galles et Irlande.

Il semble bien que la galle verruqueuse ait été également introduite aux *Etats-Unis* vers 1912, mais les premiers foyers graves remontent seulement à 1918 (Pensylvanie). Elle s'est étendue ensuite en Virginie et Maryland.

A 1912 remonte également l'infection de la *Suède* où les premiers foyers importants font leur apparition en 1915 ; 2 foyers étaient signalés en *Norvège* en 1914, puis 27 autres en 1915.

L'*Allemagne* était atteinte dès 1908 et en 1916 on relevait des foyers en Bohême, sur le territoire de la *Tchécoslovaquie* actuelle.

Après guerre, la reprise des échanges a grandement favorisé l'extension de la maladie verruqueuse.

En 1915, la *Hollande* est atteinte ; en 1921, de nouveaux foyers sont découverts en *Tchécoslovaquie.* L'année 1922 voit apparaître la galle verruqueuse au *Canada* [1] (Alberta) et en *Afrique du Sud,* sans doute à la suite de l'introduction de tubercules d'origine anglaise. Dès lors, tous les ans, de nouveaux pays sont contaminés, et, en dépit des mesures administratives prises un peu partout, de nouveaux foyers se révèlent :

1923...........................	Danemark.
1924...........................	Finlande, Pologne, Sarre, Norvège.
1925...........................	France, Autriche, Suisse.
1927...........................	Belgique [2].
1928-1929.....................	Pérou.
1930...........................	Roumanie.
1931...........................	Japon, Portugal.

La situation actuelle est à peu près la suivante :

En Europe, 15 pays sont contaminés : Grande-Bretagne, Irlande, France, Portugal, Hollande, Belgique, Suisse, Suède, Norvège, Finlande, Danemark, Allemagne, Autriche, Roumanie, Pologne.

On a signalé en outre un foyer de galle en Russie en 1911, mais actuellement l'U. R. S. S. n'est pas contaminée.

L'existence de la maladie dans l'Ile de Malte a été également démentie.

Hors d'Europe : Canada et Terre-Neuve, États-Unis, Pérou, Afrique du Sud, Japon.

[1] Güssow (10) l'avait déjà signalée au Canada en 1909 sur des tubercules provenant de *Terre-Neuve* (Saint-Pierre et Miquelon). Depuis cette date, on ne possède aucun renseignement sur ce foyer qui, vraisemblablement a disparu. A cette date, Güssow prétend que la galle existe en France, en Italie, Scandinavie, etc., mais il ne cite aucune référence.

[2] Pendant la guerre, un officier anglais dit avoir observé la galle en Belgique.

On est dans le doute en ce qui concerne la Bolivie; en 1934, le Service de Quarantaine américain a arrêté des tubercules atteints provenant de Bolivie et du Pérou.

Comme le montre Lepik (15), il semble bien y avoir eu 2 centres de dispersion : l'Europe Centrale pour presque tous les pays européens, la Grande-Bretagne pour les États-Unis, Canada, Afrique du Sud, etc.

Nous reproduisons, page 58, d'après divers renseignements, la répartition actuelle de la galle verruqueuse dans le monde (carte n° 1).

La carte n° 2 figure approximativement la répartition des foyers en France.



Carte n° 2.

Dans notre pays, grâce à des mesures très sévères, la galle verruqueuse n'existe que dans certaines zones frontières à l'état de foyers très localisés. Les nouveaux foyers de la région du Nord résultent plutôt de nouvelles introductions de tubercules étrangers que d'une extension des foyers déjà existants. Une infection massive et rapide comme celle de la Suisse par exemple, aurait été très grave car la majorité des surfaces cultivées en pommes de terre sont consacrées à des variétés sensibles. Nous y reviendrons tout à l'heure avec plus de détails.

I. RÉSISTANCE AU POINT DE VUE PRATIQUE.

1° Mise en évidence de la résistance des variétés.

C'est Gough (9) qui, le premier, constata que certaines variétés placées en terrain contaminé, ne contractaient jamais la maladie. Depuis, divers expérimentateurs opérant dans de nombreux pays, ont confirmé cette manière de voir.

La méthode la plus employée jusqu'à ces dernières années a été *l'infection en plein champ.* On s'accorde actuellement pour classer une variété comme résistante quand elle n'a pas été attaquée pendant trois ans dans les conditions naturelles d'infection. C'est la méthode que nous avons adoptée à notre champ d'expériences de Russ-Hersbach. Cette période est un minimum car, en effet, le travail en plein champ peut être entaché d'erreurs du fait de l'hétérogénéité de l'infection du sol[1] ou de conditions météorologiques défavorables au développement du *Synchytrium.*

Depuis quelques années, différentes méthodes *d'infection artificielle* ont été mises au point tant en Allemagne qu'en Angleterre. Les résultats qu'elles donnent concordent en général avec l'infection en plein champ. Elles présentent l'avantage d'aller beaucoup plus vite et d'étudier un plus grand nombre d'échantillons; elles sont d'un grand secours pour le sélectionneur de pommes de terre car elles permettent, l'année suivant le semis, d'éliminer tous les types sensibles; toutefois, par mesure de précaution, il est prudent de poursuivre, dans les conditions du champ, l'expérimentation des types qui n'ont pas été infectés au laboratoire.

Avant d'aborder l'étude des résultats obtenus en France tant au champ qu'au laboratoire, il convient de signaler que la résistance pratique d'une variété n'est nullement sujette à variations.

La provenance des tubercules, pas plus que leur état sanitaire n'ont d'influence sur le résultat de l'infection par le *Synchytrium.* L'expérience l'a montré à de nombreuses reprises.

2° Résultats des travaux effectués en France.

Le champ d'expérience de Russ-Hersbach (Bas-Rhin) a été installé sur l'emplacement d'un des premiers foyers découverts en 1925. Les premiers essais commencèrent en 1926 et ont été poursuivis depuis sans interruption. Un grand nombre de variétés et d'hybrides ont été essayés au cours de ces dernières années; les échantillons provenaient, pour la plupart, de la Station de Grignon, puis, depuis 1931, de la Station centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles. Le laboratoire est installé au milieu d'une zone contaminée. Les infections artificielles y sont faites par Selaries et Rohmer depuis 1932.

Les résultats acquis jusqu'en octobre 1935 figurent dans le tableau ci-dessous et portent sur 284 variétés; celles-ci sont classées d'après leur origine.

[1] On régularise les possibilités d'infection en faisant une ample répartition de galles sur le terrain après la récolte. La plantation de lignes témoins d'une variété sensible (*Wohltmann*) alternées avec les variétés en essai permet de se rendre compte de l'homogénéité de l'infection.

RÉSULTATS COMPLETS DU CHAMP D'EXPÉRIENCES DE RUSS-HERSBACH (1926-1935).

R = résistante une fois.
+ = résistante trois fois au moins en infection naturelle.

VARIÉTÉS ALLEMANDES.

Résistantes au moins 3 fois.	CHAMP.	LABO.	*Sensibles.*
Ackersegen	RR	R	Adelheid.
Albabona	+	〃	Allerfrüheste Gelbe (*Laboratoire*).
Altgold	RR	R	Alma (Cimbal).
Arnika	+	〃	Blaue Riesen = (Géante bleue).
Berlichingen	+	〃	Centifolia.
Betula	RR	R	Datura.
Beseler	+	〃	Deodara.
Cellini	+	〃	Edeltraût (*Laboratoire*).
Cepa	RR	R	Ella.
Erdgold	+	〃	Erfolg.
Feldglück	RR	R	Ferdinand Heine.
Feuergold	RR	R	Feuerragis.
Flava	RR	R	Frühe Ertragsreiche.
Franz	RR	R	Frühe von Fromsdorf.
Frühgold	RR	R	Fürst Bismarck.
Glückauf	+	〃	Gelkaragis.
Gneisenaù	RR	R	Professor Gisevius.
Goldadler	+	〃	Goldball.
Goldfink	RR	R	Goldregen.
Goldwährung	+	〃	Gratiola.
Hellena	RR	R	Hagen.
Hindenburg	+	〃	Heidelberg.
Jubel	+	〃	Herbstrote (= Rouge d'Automne).
Juli = Belle de Juillet	+	〃	Hutten (*Laboratoire*).
Kùckùck	+	〃	Richter's Imperator.
Lichtblick	+	〃	Kaiserkrone.
Maibutter	+	〃	Lützow.
Max Delbrück	+	〃	Professor Maerker.
Nieren Ragis	+	〃	Neue Export.
Ovalgelbe [1]	RR	R	Odenwalder Blaue.
Palma	RR	R	Prasident Krüger.
Parnassia	+	〃	Phönix.
Pepo	+	〃	Primel.
Rosafolia	RR	R	Prozentragis.
Seydlitz	RR	R	Ragis X.
Sickingen [2]	RR	R	Regent.
Wekaragis	+	〃	Rosenniere (*Laboratoire*).

[1] Des galles sur feuille en infection artificielle.
[2] Donne quelquefois des réactions douteuses.

2 fois résistantes.

	CHAMP.	LABO.
Aal	R	R
Abendstern	R	R
Isolde	RR	//
Konsuragis	RR	//
Robinia	R	R
Voran	R	R

1 fois résistantes.

Forelle	R	//
Goldgelbe	R	//
Mittelfrühe	R	//
Poloragis	R	//
Quitte	R	//
Samlandgold	R	//

Sensibles.

Rotkäppchen.
Rotkaragis.
Silesia.
Sonnenragis.
Vesta.
Vater Rhein.
Wohltmann.
Wotan.
Zwickauer frühe Gelbe.

VARIÉTÉS AMÉRICAINES.

Résistantes au moins 3 fois au champ.

Burbank
Eureka extra-early
Green Mountain
Irish Cobbler
Merveille d'Amérique
Spaulding rose

Sensibles.

Improved Burbank.
Early Rose.
Rural New-Yorker.

VARIÉTÉS ANGLAISES.

Résistantes au moins 3 fois.

	CHAMP.	LABO.
Abundance = Bloomfield	+	//
Ally	+	//
Arran Comrade	+	//
Arran Crest	R	RR
Dargill Early = Jaune hâtive d'Écosse	+	//
Flourball = (Reine des Sables = Colin des Vosges)	+	//
Fluke	+	//
Glasgow Favourite	R	RR
Great Scot	+	//
Inverness Favourite	R	RR
Irish Chieftain	+	//
Kitchner of Khartoum	+	//
Kerr's Pink	+	//
Majestic	+	//
Perth Favourite	R	RR
Rhoderick Dhû	+	//
Shamrock	+	//

Sensibles.

Ben Cruachan (*Laboratoire*).
Duke of York = Eerstelingen.
Dunnottar Castle (*Laboratoire*).
Eclipse.
Epicure (*Laboratoire*).
Express (Sharpe's).
Field Marshall.
King Edward VII.
Ideal.
Magnum Bonum.
May Queen (*Laboratoire*).
Royal Kidney.
Royal Ash leaved Kidney = (Hollande de Roscoff).
Up to Date (= Fin de Siècle).
Victor (Sharpe's).
White City (*Laboratoire*).

1 fois résistantes.

	CHAMP.	LABO.
Arran Banner	//	R
Arran Pilot	//	R
Ben Lomond	R	//
Goldenwonder	//	R

VARIÉTÉS FRANÇAISES.

Résistantes au moins 3 fois.

	CHAMP.	LABO.
Belle de Fontenay (= Hénaut)	+	//
Blanchard	+	//
Bonnotte de Noirmoutier	+	//
Chardon	+	//
Commune de Nérac	+	//
Czarine (= Imperator)	+	//
Hollande du Gâtinais	+	//
Kemmel	+	//
Quarantaine violette	+	//
Rosa	+	//

Résistantes 2 fois.

	CHAMP.	LABO.
Jumeline (Noirmoutier)	R	R
Pousse Debout	R	R

Résistante 1 fois.

	CHAMP.	LABO.
Brandale	//	R

Sensibles.

Asperge (Aumiot).
Institut de Beauvais.
Jaune d'Or.
Kelt.
Maréchal Foch (Vilmorin).
Maréchal Franchet d'Espérey (Vilmorin).
Marjolin.
Marjolin Tétard.
Quarantaine du Loiret (Vilmorin) (*Laboratoire*).
Ratte.
Ronde Jaune.
Ronde Jaune du Trégor (*Laboratoire*).
Rosa de Cherbourg.
Rouanez Breiz.
Saucisse.
Violette d'Auvergne.
Vitelotte noire.

VARIÉTÉS HOLLANDAISES.

Résistantes au moins 3 fois.

	CHAMP.	LABO.
Alberta	RR	R
Alma (Sneeuw)	RR	R
Alpha (Dorst)	+	//
Bato	+	//
Bevelander	+	//
Cérès	+	//
Commandant	+	//
Concurrent	R	RR
Favoriet [1]	+	//
Friso	R	RR
Furore	+	//
G. 114	RR	R
Hollandia	+	//
I. 194 (Dorst)	RR	R
Jubileum	RR	R
Monocraat	+	//
Noordeling	R	RR

Sensibles.

Blauwe Eigenheimer (*Laboratoire*).
Bintje (= Dikke Muizen).
Eerstelingen (= Duke of York).
Eigenheimer.
Ideaal.
Lieuwe.
Monopool.
Paul Krüger.
Roode Eerstelingen.
Roode Star.
Roode Industrie.
Splendo.
Thorbecke.
Triumf (*sensibilité légère*).
Volgeling (*Laboratoire*).
Westeinder Blauwe (*Laboratoire*).
Zeeuwsche Blauwe (= Bleue de Zélande).

[1] Cette variété a été attaquée une fois en 1926 et est restée complètement indemne par la suite.

	CHAMP.	LABO.
Oostermoersche	R	RR
Populair	+	//
Robijn	+	//
Unicum	R	RR

Résistantes 2 fois.

	CHAMP.	LABO.
Curba	R	R
Energie	RR	//
H. 123 (Dorst)	R	R
K. 73	R	R
K. 113	R	R
Muntinga 17	R	R

Résistante 1 fois.

	CHAMP.	LABO.
Souvenir	R	//

VARIÉTÉS POLONAISES.

Résistantes au moins 3 fois.

	CHAMP.	LABO.
Direktor Johannssen	+	//
Preussen	+	//

Résistantes 2 fois.

	CHAMP.	LABO.
Magdalenki	R	R
Président (Poniec)	R	R
Wita	R	R
3020 (Poniec)	R	R
N° 12 de Włochanowo	R	R

Sensibles.

Dalia.
Gedymin.
Gracya.
Industrie.
Palatyn.
Petronius.
Polanin.
Rubia.
Szafranki.
Switez.
Topaz.
Ursus (sensibilité légère).
Wielkopolanka.
087 de Włochanowo.

VARIÉTÉ SUÉDOISE.

Sensible.

Imperia.

VARIÉTÉS DIVERSES.

Résistante 2 fois.

	CHAMP.	LABO.
Satisfaction [1] (Australie)	R	R

Sensibles.

Criolla (Colombie).
Curiquinga (Uruguay).
Early Manhattan (Australie).
Jaune de Liddes (Suisse).
Snarkwest.
Uchurumi (Uruguay).

[1] Il existe deux *Satisfaction*, une de Clark, l'autre de Seeley.
Salaman donne *Satisfaction* comme sensible, mais ne précise pas laquelle ; il nous est également impossible de le faire, faute de renseignements.

Les résultats rapportés ci-dessus sont, la plupart du temps, en accord avec les constatations faites à l'étranger. Toutefois, dès 1926 Ducomet et Foëx (5) signalaient des divergences relatives à quelques variétés peu sensibles, telles que *Triumf, Ursus, Roode Star* [1], etc. Bien que les lésions que portent, certaines années, les tubercules de ces variétés, soient pratiquement insignifiantes, elles n'en constituent pas moins un danger de dissémination du parasite.

Cette remarque nous oblige à insister sur la question du *degré d'infection;* toutes les variétés en effet ne sont pas également sensibles. Cette sensibilité relative ne figure pas dans le tableau des résultats, mais on peut donner, à titre d'exemple [2], une échelle de sensibilité pour quelques variétés, parmi les plus cultivées en France.

Très forte attaque	*Wohltmann, Saucisse, Institut de Beauvais, Eigenheimer.*
Forte attaque	*Early Rose, Violette d'Auvergne, Ideaal, Deodara, Industrie.*
Assez forte attaque	*Goldball.*
Faible attaque	*Jaune d'Or.*
Très faible attaque	*Roode Star, Ratte.*
Attaque extrêmement rare	*Triumf, Ursus,*

Quoi qu'il en soit, toute attaque est une porte ouverte à la pourriture ultérieure et au point de vue pratique quel que soit le degré de sensibilité, les dangers sont presque les mêmes.

Pour la production française, ce danger est considérable, nous allons en examiner les raisons.

3° Observations relatives aux variétés cultivées en France.

a. Comportement à l'égard de la galle verruqueuse. — Le nombre de variétés de pommes de terre actuellement cultivées en France est beaucoup trop élevé. Le récent Catalogue des Espèces et Variétés n'en mentionne pas moins de 180.

Du fait de la carence de notre pays dans la production de variétés nouvelles, de nombreuses variétés étrangères ont été introduites un peu au hasard sans se préoccuper ni de leurs aptitudes ni de leurs défauts.

Il en résulte que, parmi les 50 variétés les plus cultivées actuellement, 77,5 p. 100 sont d'origine étrangère et 25 p. 100 seulement sont résistantes à la galle verruqueuse. Il convient également de signaler que bon nombre de nos vieilles variétés françaises sont également sensibles et qu'il faut en envisager le remplacement. D'ores et déjà, il importe de faire, parmi nos variétés les plus

[1] Certains auteurs ont voulu expliquer ces divergences par l'existence de clônes; mais il ne semble pas que cette hypothèse puisse être retenue.

[2] Ducomet (V.) et Foëx (E.), *Bull. Soc. Path. Végétale,* 1926.

cultivées, le partage entre résistantes et sensibles. Ceci est l'objet du tableau ci-dessous.

TABLEAU II.

PRÉCOCITÉ.	RÉSISTANTES.	SENSIBLES.
Variétés précoces......	Belle de Fontenay. Juli = Belle de Juillet.	Hollande de Roscoff = Kam Mellen. Eerstelingen. Sharpe's Express. Sharpe's Victor. Marjolin.
Variétés 1/2 précoces...	Dargill Early = Jaune hâtive d'Écosse. Fluke.	Bintje. Ideaal. Royal Kidney. King Edward VII. Early Rose. Odenwalder Blaue.
Variétés 1/2 tardives...	Alpha. Chardon. Erdgold. Great Scot. Majestic. Pepo. Preussen. Flourball = Reine des Sables. Rosa.	Datura. Eigenheimer. Ella. Industrie. Institut de Beauvais. Ratte. Ronde Jaune. Up to Date = Fin de Siècle. Triumf. Centifolia.
Variétés tardives......	Czarine. Merveille d'Amérique. Parnassia. Robijn.	Deodara. Géante Bleue. Roode Star. Saucisse. Violette d'Auvergne. Wohltmann.

Nous avons fait figurer, en outre, dans le Tableau III, les principales caractéristiques des variétés françaises.

TABLEAU III.

PRÉCOCITÉ.	GALLE VERRUQUEUSE.	VARIÉTÉS.	CARACTÈRES DU TUBERCULE. Couleur	Forme.	Chair.	MILDIOU de 0 à 5.	OBSERVATIONS.
Variétés précoces.	résistante....	Belle de Fontenay...	B	C	J	4	Potagère.
	sensibles....	Hollande de Roscoff..	B	C	J	5	Potagère.
		Marjolin...........	B	C	J	—	Potagère.

PRÉCOCITÉ.	GALLE VERRUQUEUSE.	VARIÉTÉS.	CARACTÈRES DU TUBERCULE. Couleur	Forme.	Chair.	MILDIOU de 0 à 5.	OBSERVATIONS.
Variétés 1/2 tardives.	résistantes...	Chardon...........	B	R	J	3	Grande consommation.
		Fluke (orig. angl.)...	B	O	B	2–3	Grande consommation.
		Rosa..............	R	O–C	J	4	Potagère et grande consommation.
	sensibles	Flourball (orig. angl.).	R	R	B	—	Fourragère et féculière.
		Institut de Beauvais..	B	R–O	B	2–3	Fourragère et grande consommation.
		Ratte.............	B	C	J	4	Potagère et grande consommation.
		Ronde jaune........	B	R	J	1–2	Grande consommation.
Variétés tardives.	résistantes...	Czarine...........	BR	R	B	3	Fourragère.
		Merveille d'Amérique.	R	R	B	3	Fourragère.
	sensibles.....	Saucisse...........	R	O	J	5	Grande consommation.
		Violette d'Auvergne..	V	O–R	B	5	Grande consommation.

COULEUR. — B. Peau blanche. R. Peau rouge. V. Peau violette. BR. Peau bicolore rouge.

FORME. — O. Oblongue. R. Ronde. C. Claviforme.

CHAIR. — J. Jaune. B. Blanche.

MILDIOU. — o. Indemne. 5. Très attaqué.

On peut constater que sont classées parmi les sensibles :

1° La plupart des variétés de qualité telle que *Saucisse, Bintje, Hollande de Roscoff* et *Royal Kidney* tant demandée pour les cultures de primeurs;

2° Des variétés occupant des surfaces considérables comme *Institut de Beauvais* et *Industrie;*

3° On remarque l'absence presque complète de variétés 1/2 précoces résistantes à la galle verruqueuse ainsi que des féculières parmi lesquelles seule *Parnassia* est résistante.

En revanche, dans les régions contaminées, on peut poursuivre sans danger la culture de : *Belle de Fontenay, Juli* (= *Belle de Juillet*), *Rosa,* comme variétés de qualité.

Mais pour la plupart des variétés 1/2 tardives et tardives de grande consommation, ainsi que pour les variétés féculières, un gros travail d'adaptation de notre production s'impose. Pour y parvenir, 2 méthodes doivent être employées :

— l'introduction de variétés étrangères adaptées à nos conditions de production;

— la création de variétés nouvelles répondant aux exigences actuelles du milieu biologique et économique.

b. Introduction de variétés étrangères. — Avant d'introduire dans la culture les variétés étrangères, il est indispensable d'en étudier, sous notre climat, le comportement et les aptitudes. Plusieurs années d'expériences sont nécessaires avant

qu'on puisse apprécier leur résistance aux maladies de dégénérescence et la possibilité d'en poursuivre la sélection. Les essais effectués à ce point de vue ne sont pas encore très nombreux et les renseignements que nous possédons actuellement, encore bien fragmentaires. Néanmoins, quelques variétés étrangères résistantes à la galle peuvent être introduites avec profit, certaines ont déja pris place sur des surfaces assez importantes. Nous allons rappeler brièvement les caractéristiques des principales d'entre elles.

Variétés précoces. — Aucune variété ne semble en mesure de remplacer *Eerstelingen.* Dans cette catégorie, comme nous l'avons dit précédemment, on ne peut que conseiller de poursuivre la culture de *Belle de Fontenay* et *Juli* (= *Belle de Juillet*) en intensifiant la production de plant sélectionné.

Variétés 1/2 précoces à chair jaune. — Il suffit de se reporter au Tableau II pour constater qu'il n'existe, dans ce groupe, aucune variété résistante à la galle verruqueuse. *Bintje* (= *Dikke Muizen*), qui occupe en France des surfaces considérables, surtout dans certaines régions contaminées par la galle verruqueuse, n'est pas, pour le moment du moins, susceptible d'être remplacée. Dans ce groupe, il convient d'essayer toutefois 2 nouvelles variétés allemandes résistantes et susceptibles de donner de bons résultats : *Flava* et *Betula.*

Variétés 1/2 tardives et tardives à chair jaune. — Dans ce groupe, les 3 variétés les plus cultivées : *Industrie, Ronde Jaune* et *Saucisse* sont sensibles à la galle verruqueuse. Un certain nombre de variétés, *Alpha,* et *Erdgold* par exemple ont déjà été introduites dans le but de remplacer les 2 premières ; d'autres encore méritent d'entrer dans les essais d'acclimatation. Ce sont : *Cellini, Ackersegen* (allemandes) *Alberta* (hollandaise) parmi les variétés à peau jaune.

Parmi les variétés à peau rouge, seule, *Feuergold* (allemande) se rapproche de *Saucisse.*

Variétés féculières. — A côté de *Parnassia,* qui a réussi un peu partout en France on peut essayer *Sickingen* (P. S. G., Allemagne) en remplacement de *Centifolia, Robinia* (Von Kameke, Allemagne) peut être mise en comparaison avec *Wohltmann.*

D'une façon générale, l'introduction de variétés étrangères ne doit constituer qu'une mesure transitoire. En effet, la plupart des variétés introduites ne conviennent pas aux exigences du marché français. C'est donc vers la création de variétés nouvelles qu'il faut s'orienter dès à présent.

c. *Création de variétés.* — Les observations faites précédemment permettent de définir nettement l'orientation à donner en France à la création des variétés. Elle peut se résumer dans les principaux points suivants :

1° Placer au premier rang la préoccupation de la résistance à la galle verruqueuse et, quand cela est possible, au mildiou ;

2° Rechercher des variétés précoces et demi-précoces à chair jaune et très productives, destinées à remplacer *Eerstelingen* et *Bintje ;*

3° Créer des variétés demi-tardives et tardives à peau jaune et rouge, chair jaune, de bonne qualité et de bonne conservation;

4° En ce qui concerne la pomme de terre industrielle, rechercher des variétés dosant au minimum 20 p. 100 de fécule, et à très gros rendement.

Au point de vue technique, la réalisation de ce programme nécessite la connaissance des géniteurs à employer dans les croisements.

Toutes les variétés intéressantes à ce point de vue ne sont pas utilisables, soit en raison de la stérilité ou de l'absence du pollen, ou par suite d'anomalies florales qui empêchent toute fructification. Le choix des géniteurs est donc imposé par cette considération biologique capitale [1].

Nous pouvons conseiller, dans les cas qui nous intéressent, l'utilisation des variétés suivantes comme géniteurs.

TABLEAU IV.

PRÉCOCITÉ.	QUALITÉ DE LA CHAIR.	RÉSISTANCE AU MILDIOU.	RÉSISTANCE À L'ENROULEMENT.	TENEUR EN FÉCULE.
Hollande du Gâtinais m. f. Hollande de Roscoff m. f. Bintje f.	*Rosa* m. f. Jaune d'or m. f. *Blanchard* m. f.	*Cellini* m. f. *Hindenbourg* m. f.	Impéria f.	Furst Bismarck f. *Parnassia* m. f. Centifolia m. f. *Sickingen*.

m = géniteur mâle, — f = géniteur femelle.

Les variétés résistantes à la galle verruqueuse sont en *italique*.

II. LE PROBLÈME BIOLOGIQUE DE LA RÉSISTANCE.

La résistance de certaines variétés étant solidement établie par les constatations faites au champ et par les méthodes d'infection artificielle, il était indispensable de rechercher les causes de la résistance et d'étudier le comportement génétique de ce caractère. La question de la résistance des variétés mérite donc d'être examinée au double point de vue pathologique et génétique.

1° Point de vue pathologique.

Il n'est pas dans notre intention d'examiner ici les nombreux travaux concernant l'immunité et la recherche des causes de la résistance des variétés au *Synchytrium*.

[1] Une documentation importante concernant la valeur du pollen et la fructification naturelle a été rassemblée par von RATHLEF. — Von RATHLEF : «Die generative Fruchtbarkeit der einzelnen Kartoffelsorten und ihre Verwendbarkeit in der Züchtung». (*Wiss. Arch. für Landwirtschaft A. Bd. 2,* 1929, p. 49-171.)

Toutefois, il est nécessaire de rappeler les faits signalés en 1931 par Köhler (12-13-14), à savoir qu'une distinction doit être faite entre degré d'infection et degré de réaction.

L'étude du devenir des zoospores apportées par l'infection artificielle a permis à Köhler de distinguer 5 degrés d'infection suivant le pourcentage des parasites arrivés à maturité.

Les types I et II ne renferment que des variétés indemnes dans les conditions naturelles.

Type I. — *Ackersegen, Parnassia, Pepo, Juli.*
Type II. — *Erdgold, Hindenburg.*

A partir du type III intervient le degré de réaction de la variété, c'est-à-dire la tendance à donner des néoformations, proliférations qui constituent les galles plus ou moins abondantes. En effet, les variétés sensibles se classent toutes dans les types IV et V et très rarement dans le type III. Dans cette dernière catégorie se trouvent un grand nombre de variétés résistantes : *Cellini, Maibutter, Max Delbrück, Ovalgelbe, Preussen* et *Sickingen,* à côté de quelques variétés sensibles (*Datura*). De même, dans le type IV, on trouve une variété résistante, *Roland I,* à côté de variétés sensibles.

Ce point de vue semble exact. Les variétés telles que *Ursus, Triumf,* qui sont à la limite de sensibilité, n'ont pas été examinées par Köhler, mais Selaries et Rohmer (22) ont pu constater, lors des essais à Russ-Hersbach, la présence de galles sur les folioles de la variété *Ovalgelbe; Sickingen* a été notée une fois légèrement attaquée. Or, ces 2 variétés sont classées par Köhler dans le type III d'infection.

Il semble donc bien que, dans certaines conditions favorables à la prolifération des tissus, quelques variétés réputées résistantes puissent présenter de très légères attaques et peut-être constituer, de ce fait, un danger de dispersion de la maladie.

Voici quelles sont les variétés ayant présenté cette particularité pendant les 10 années d'essais à Russ-Hersbach :

Albion	1	fois sur	5	(infection artificielle).
Commandant	1	—	6	(champ).
Favoriet	1	—	5	(champ).
Muntinga 17	1	—	4	(infection artificielle).
Ovalgelbe	1	—	4	(infection artificielle).
Seydlitz	1	—	6	(champ).
Sickingen	1	—	6	(champ).
Triumf	1	—	10	(champ).
Ursus	1	—	11	(champ).

Ces variétés constituent la transition entre résistantes et sensibles. Leur existence montre qu'il n'y a pas une séparation nette entre résistance et sensibilité et permet une fois de plus de contrôler la continuité propre à tous les phénomènes

biologiques. L'étude du comportement génétique du caractère résistance que nous allons examiner maintenant ne fera que confirmer cette manière de voir.

2° Comportement génétique du caractère «résistance à la galle verruqueuse.»

L'étude génétique a été poursuivie parallèlement aux recherches d'immunologie.

Dès le début, elle s'avérait délicate en raison de l'état hétérozygote de toutes les variétés de pommes de terre. En effet, on s'est aperçu très rapidement que la plupart des variétés résistantes donnaient, par semis de graines autofécondées, un certain nombre de types sensibles, à côté d'un pourcentage élevé de types résistants ; de même, les variétés sensibles pouvaient donner dans leurs descendances quelques types doués de la résistance. Nous n'avons jamais personnellement observé ce cas avec certitude car la méthode suivie à notre champ d'expériences ne nous autorisait à considérer comme «résistants» que les types ayant échappé à l'infection 3 ans au moins.

Voici, à titre d'indication, les résultats obtenus pour 2 variétés :

Tableau V.

VARIÉTÉS.	RÉSISTANTES.		SENSIBLES.
Ferdinand Heine	2 essais.... 1 1 essai.... 1	2	24
Jaune d'or	1 essai...... 5		47

Quoi qu'il en soit, l'apparition, signalée par plusieurs auteurs, de types résistants à la galle verruqueuse dans la descendance de variétés sensibles autofécondées montre que le caractère résistance n'est pas un caractère simple et qu'en dépit du pourcentage élevé de types résistants constaté dans la descendance de variétés résistantes, il ne peut s'agir de dominance du caractère «résistance» à la galle au sens strict du mot.

La première hypothèse sur la composition factorielle du caractère résistance a été émise par Salaman et Lesley (20), qui constatent, dans la descendance des variétés résistantes, 3 types de disjonction : 15-1, 3-1, 9-7, alors que certaines variétés ne donnent que des résistants. Ils en déduisent que le caractère résistance est composé de 2 facteurs X et Y, d'un facteur complémentaire Z et d'un inhibiteur.

Lunden et Jorstad, en 1932, puis en 1934 (16) observent la prédominance du type de disjonction 3-1. A la suite d'essais de croisements entre variétés résistantes et variétés sensibles, ils sont amenés à modifier leur hypothèse primitive qui fixait au caractère résistance 3 facteurs X, Y, Z ; ils dédoublent X en 2 facteurs,

X′ et X″ de même valeur et indépendants l'un de l'autre; Y et Z restant les 2 facteurs accessoires. Ils arrivent ainsi à expliquer les disjonctions 5 : 3, 1 : 7, 3 : 13 et 1 : 15 observées dans les croisements.

Il apparaît donc nettement qu'au fur et à mesure que les expériences deviennent plus nombreuses et plus précises, la conception du caractère résistance à la galle verruqueuse devient plus complexe, car il s'agit d'expliquer des types de disjonction de plus en plus nombreux. L'hypothèse récente de Black (1) porte cette complication à son maximum. S'appuyant sur les travaux de Müller, relatifs à la résistance au *Phytophthora infestans,* Black admet l'existence de 3 facteurs A, B, C, affectés chacun d'une valeur différente (A = 1, B = 2, C = 3), la somme des coefficients devant être égale au moins à 7 pour conférer la résistance pratique. La combinaison de ces différents facteurs permet d'établir 20 formules pour les différentes variétés de pommes de terre et de prévoir 8 types de disjonction possibles par semis.

La conception de Black semble bien vérifiée par l'étude des nombreux semis et croisements effectués. C'est actuellement celle qui interprète de la façon la plus claire les multiples cas de disjonction observés.

Voyons dans quelle mesure les résultats obtenus en France coïncident avec les observations des auteurs que nous venons de citer.

Les essais effectués à Russ-Hersbach depuis 1925 n'avaient pas pour but l'étude spéciale du comportement génétique du caractère «résistance au *Synchytrium*». Toutefois, un certain nombre de résultats ont pu être rassemblés, mais ils portent sur un nombre d'échantillons assez restreint.

Semis de variétés. — Nous avons vu plus haut que nous n'avions pas pu observer avec certitude l'apparition de types résistants dans la descendance de variétés sensibles. Voici les résultats obtenus avec quelques variétés résistantes[1].

Tableau VI.

VARIÉTÉS.	RÉSISTANTES.	SENSIBLES.	TYPES DE DISJONCTION.
Rosa	46	3	15 : 1
Cellini	36	15	3 : 1 (?)
Quarantaine violette	8	20	(?)
Blanchard	34	10	3 : 1 (?)

On peut observer dans un cas une disjonction typique 15:1, dans deux autres cas, des disjonctions 3:1, plus douteuses et enfin un cas aberrant, celui de la *Quarantaine Violette.* Mais le nombre de semis observés est trop restreint pour qu'on en puisse tirer une conclusion.

[1] Ces résultats ne portent que sur une année d'essai.

Croisements. — Les croisements entre variétés résistantes ont toujours donné naissance à des types sensibles. Si l'on rassemble les principaux hybrides étudiés, on trouve 24 types sensibles sur 106 expérimentés, soit environ 1/4. Il s'agirait donc d'une prédominance de la disjonction 3 : 1, fréquemment observée par Black dans de tels croisements.

La descendance d'hybrides entre une variété résistante et une variété sensible a été également examinée. Les résultats obtenus portent sur un petit nombre d'échantillons, nous les avons rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII.

CROISEMENTS.	RÉSISTANTS.	SENSIBLES.
Impéria × *Bonnotte* (sensible × résistant)	15	24
Blanchard × *Roode Industrie* (résistant × sensible)	16	20
Imperia × *Blanchard* (sensible × résistant)	6	10
Ensemble de 10 croisements sensible × résistant	34	34

Aucune conclusion ne peut être tirée de l'examen de ces chiffres. Ils semblent toutefois se rapprocher de la disjonction 1 : 1 signalée par Lunden et Jorstad (16) comme la plus fréquente.

Il faut bien remarquer que toutes les recherches concernant le facteur résistance à la galle verruqueuse ont été faites en général sur un très petit nombre de semis. Celles de Black, qui, à notre connaissance, sont les plus importantes portent rarement sur plus de 100 plantes par croisement ou semis. Braun (3) a fait observer récemment que ces chiffres étaient trop faibles. Cet auteur a obtenu lui-même les disjonctions typiques trouvées par Black, Salaman et Lesley, Lunden et Jorstad, mais il se garde bien d'en tirer une conclusion quelconque. Nous avons déjà fait remarquer que les hypothèses concernant la composition factorielle du caractère «résistance au *Synchytrium*» se sont compliquées au fur et à mesure que les expériences devenaient plus précises. Il est vraisemblable qu'on se trouve en présence d'un caractère extrêmement complexe et que des essais effectués sur plusieurs milliers ou même plusieurs centaines de semis permettraient de classer les variétés d'une façon continue et sans qu'il soit possible de faire des séparations bien nettes.

III. COMPORTEMENT DES DIVERSES SOLANÉES À L'ÉGARD DU *Synchytrium endobioticum*.

La recherche des plantes hôtes du *Synchytrium* a suscité de nombreuses expériences. Il s'agissait surtout de voir si, au point de vue pratique, le parasite pouvait vivre sur des plantes autres que la pomme de terre. Nous avons rassemblé dans le

tableau suivant les données que nous avons pu relever concernant les Solanées non tubérifères susceptibles d'héberger le *Synchytrium endobioticum*. Les résultats se rapportent suivant les auteurs à des infections naturelles ou artificielles [1].

Tableau VIII.

Plantes hôtes du Synchytrium endobioticum
Solanées non tubérifères.

ESPÈCE.	AUTEUR.
Hyoscyamus niger L.	Esmarch (1925).
Lycium barbarum Mill.	Ducomet et Foëx (1928).
Lycium europeum	Ducomet et Foëx (1926).
Lycopersicum esculentum (variétés)	
Nicandra physaloïdes L.	Martin (1929).
Physalis Francheti Mast.	Hilli (1932).
Solanum alatum Seem. et Schm.	Esmarch (1925).
— *atropurpurem* Schr.	Hilli (1932).
— *dulcamara* L.	Cotton (1916), Weiss et Orton (1923) Esmarch (1925), Ducomet et Foëx (1926), Martin (1929).
— *marginatum* L.	Hilli (1932).
— *nigrum* L.	Cotton (1916), Weiss et Orton (1923), Esmarch (1925).
— *nodiflorum*	Martin (1929).
— *villosum* L.	Martin (1929).

Le tabac et la tomate ont fait l'objet de recherches plus étendues. On a pu constater chez la tomate, comme chez la pomme de terre, l'existence de variétés résistantes et de variétés sensibles. A ce sujet, il est intéressant de remarquer que les types primitifs tels que la tomate cerise (*Lycopersicum cerasiforme*), la tomate groseille (*L. racemigerum*) et la tomate poire sont sensibles à la maladie verruqueuse, alors que la résistance n'existe que chez peu de variétés cultivées (2 variétés sur 28 dans les expériences effectuées en Pensylvanie en 1921).

Il ne semble donc pas que l'amélioration et la sélection aient exercé une influence néfaste sur la résistance aux maladies ; on assiste plutôt au phénomène contraire. Des faits du même ordre se révèlent quand on examine les Solanées tubérifères.

Solanées tubérifères. — En effet, nous avons pu étudier à Russ-Hersbach une partie du nombreux matériel rapporté d'Amérique du Sud par l'expédition de l'Institut de Botanique appliquée de Léningrad. On peut constater, là encore, qu'il existe chez toutes les espèces sauvages, des types sensibles à la galle verru-

[1] La galle verruqueuse étant de nature foliaire (écailles des bourgeons), il est bon de coucher horizontalement les plantes à infecter, de façon à mettre dans le sol infecté le plus possible de bourgeons.

queuse. A la suite des essais effectués depuis 1932, la liste des espèces de *Solanum* tubérifères renfermant des types sensibles [1] se présente comme suit :

TABLEAU IX.

Solanum tubérifères sensibles au Synchytrium.
(Résultats obtenus à Russ-Hersbach.)

GROUPE CHROMOSOMIQUE.	ESPÈCE.
$2n = 24$	*S. phureja.* — Juz. et Buk. *S. goniocalyx.* — Juz. et Buk. *S. Rybinii.* — Juz. et Buk. *S. ajanhuiri.* — Juz. et Buk. *S. Caldasii.* — Humb. et Bonpl. = *S. Subtilius.*
$2n = 36$	*S. Vallis Mexicii.* — Juz. *S. Chaucha.* — Juz. et Buk. *S. Chocclo.* — Buk. et Lechn. *S. Mammiliferum.* — Juz. et Buk. *S. Commersonii* Dun.
$2n = 48$	*S. Tuberosum* L. *S. Andigenum* Buk. *S. Neoantipoviczii* Buk. *S. Ajuscoense* Buk. *S. Leptostigma* Juz.
$2n = 60$	*S. Curtilobum* Juz et Buk. *S. Semi-demissum* Juz.
$2n = 72$	*S. Demissum* Lindl.

On rencontre donc des formes ou variétés sensibles dans tous les groupes chromosomiques, qu'il s'agisse d'espèces sauvages ou d'espèces cultivées.

On pouvait penser que les essais effectués sur les Solanées sud-américaines auraient pu apporter une solution au problème de l'origine du *Synchytrium*, mais nous ne savons pas grand'chose de l'existence de la galle verruqueuse en Amérique du Sud. On a trouvé récemment un foyer au Pérou; peut-être en existe-t-il en Bolivie ?

Dans ces conditions, il est impossible de dire actuellement si les premiers foyers européens ont une origine sud-américaine. Devant cette situation, certains auteurs (en particulier Cotton et Esmarch) ont émis l'hypothèse du passage du *Synchytrium* d'une plante sauvage à la pomme de terre. Cela n'est pas impossible, mais la vérification d'une telle hypothèse s'avère délicate.

[1] D'autres espèces sont à l'étude, mais les essais n'ayant pas encore porté sur trois années, il est impossible de conclure à leur résistance.

CONCLUSION.

L'apparition et l'extension de la galle verruqueuse dans le monde, ont soulevé des problèmes à la fois théoriques et pratiques. Les questions d'ordre pratique ont reçu assez rapidement une solution satisfaisante. Les essais de traitement ont été rapidement abandonnés devant l'essor pris par la sélection des variétés résistantes; la plupart des pays d'Europe sont actuellement dotés de nombreuses variétés susceptibles d'être plantées en terrain contaminé. Il nous reste, en France, de nombreux efforts à faire pour arriver à un résultat du même ordre.

En revanche, les questions d'ordre théorique doivent, pour la plupart, être maintenues à l'étude. Les recherches concernant la nature de la résistance au *Synchytrium* sont restées sans résultat, bien que les travaux de Köhler leur aient fait faire un grand pas; la composition génétique du facteur résistance est encore à l'état d'hypothèse. Quant à l'origine de l'infection de la pomme de terre par le *Synchytrium*, nous ne savons absolument rien à son sujet.

Toutes ces questions devront être reprises car, en dehors de l'intérêt purement scientifique qui s'attache à leur solution, elles sont susceptibles d'apporter de nouveaux progrès dans la recherche pratique des variétés résistantes.

RÉSUMÉ.

La galle verruqueuse, dont un seul foyer s'est révélé pour la première fois en France en 1925, s'étend actuellement à 15 pays européens; hors d'Europe 5 pays sont également contaminés.

Les essais de résistance ont été poursuivis en France de 1926 à 1935 sur près de 300 variétés et de nombreux hybrides. Les résultats obtenus montrent que les variétés les plus cultivées en France sont sensibles dans une proportion de 75 p. 100. Un gros travail d'amélioration et de sélection reste à réaliser.

Le problème biologique de la résistance a été examiné sous son double aspect pathologique et génétique.

Les observations faites sur les variétés qui se placent à la limite de sensibilité coïncident avec les résultats obtenus par Köhler.

Le comportement génétique du caractère résistance à la galle a été étudié par semis de variétés et croisements. On retrouve dans certains cas les disjonctions typiques déjà signalées par différents auteurs, mais les échantillons sont trop peu nombreux pour qu'on en puisse tirer une conclusion. Il semble bien d'ailleurs qu'au point de vue résistance, il existe toute une gamme de variétés faisant la transition entre résistance pratique et sensibilité et qu'il soit difficile de traduire cette constatation par des formules.

En ce qui concerne les plantes-hôtes du *Synchytrium endobioticum*, les résultats

obtenus par différents auteurs sur les Solanées non tubérifères sont rassemblés sous forme de tableau.

L'étude des Solanum tubérifères montre qu'il existe des types sensibles dans les différents groupes chromosomiques.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Black (W.). — Studies on the inheritance of resistance to Wart disease *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Potatoes. (*J. of Genetics,* 30, 1-1935, p. 127-146.)

2. Blackman (V. H.). — The nature of Immunity from Wart disease. (*Rep. of the Intern. Potato Conf.,* 1921.)

3. Braun (H.). — Erbanalytische Studien über das Verhalten der Kartoffel gegenüber *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (*Angew. Bot.,* Bd. XVII, H. 1, 1935, p. 54.)

4. Diehl (R.). — État actuel de la maladie verruqueuse de la pomme de terre [La question des variétés]. (*Bull. Soc. Path. Végét.,* 1, 1934, p. 25.)

5. Ducomet et Foëx (E.). — Étude de la galle verruqueuse de la pomme de terre. (*Bull. Soc. Path. Végét.,* 13, 1926.)

6. Ducomet (V.) et Foëx (E.). — Essais effectués en 1927 au champ d'expériences établi par l'Institut des Recherches agronomiques à Russ-Hersbach (Bas-Rhin), en vue de l'étude de la maladie verruqueuse de la pomme de terre. (*C. R. Acad. d'Agric. France,* XIV, 11, p. 442, 1928.)

7. Ducomet (V.) et Foëx (E.). — La maladie verruqueuse de la pomme de terre. (Serv. Défense végétaux. — Serv. recherch. agron., Paris, 1934.)

8. Esmarch (F.). — Nachtschätten gewächse als Wirtspflanzen des Kartoffelkrebsespilzes *Synchytrium endobioticum.* (*Angew. Bot.,* 1925, 7, p. 108-120.)

9. Gough (G. C.). — Wart disease of Potato (*Synchytrium endobioticum*). A Study of its history; Distribution and the discovery of Immunity. (*J. of Roy. Hortic. Soc.,* 45, 1920, p. 301.)

10. Gussow (H. I.). — Apparition d'une grave maladie de la pomme de terre à Terre-Neuve. (*Min. Fed. Agric. — Ferme Exp. Centr. Ottawa, Bull.* n° 63, 1909.)

11. Hilli (A.). — The reasons of the Spread of Potato Wart : *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Finland and abroad. (Helsingsfors, 1932.)

12. Köhler (E.). — Die Züchtung krebsfester Kartoffelsorten. (*Züchter,* 1 Jahrg., H., 1, 1929.)

13. Köhler (E.). — Ueber das Verhalten von *Synchytrium endobioticum* auf anfälligen und widerstandfähigen Kartoffelsorten. (*Arb. Biol. Reichsanst.,* Dahlem, 19, 3, 1931, p. 263.)

14. Köhler (E.). — Ueber die verschiedene Typen der Krebsempfänglichkeit bei der Kartoffelsorten. (*Der Züchter,* 3 Jahrg., 1931, p. 249.)

15. Lepik. — Ueber die geographische Verbreitung des Kartoffelkrebses [*Synchytrium endobioticum*]. (*Mitt. Phytopathol. Versuchstat. Univ. Tartu,* n° 22, 1934.)

16. Lunden (A. P.) and Jörstad (I.). — Investigations on the inheritance of immunity to Wart disease (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) in the Potato. (*J. of Genet.,* 29, p. 375, 1934.)

17. Lyman (G. R.), Kunkel (L. O.) and Orton (C. R.). — Potato Wart. (*U. S. Dept. Agric.*, circul. 111, oct. 1920.)

18. Martin (Mary). — Additionnal Hosts of *Synchytrium endobioticum*. (*Ann. of Appl. Biol.*, 16, 1929, p. 422-429.)

19. Orton (C. R.) and Weiss (F.). — The reaction of first generation hybrid potatoes to Wart disease. (*Phytopath.*, 11, n° 8, 1921, p. 306.)

20. Salaman (R. N.) and Lesley (J. W.). — Some information on the heredity of immunity from Wart disease. (*J. of Genet.*, 13, 2, 1923, p. 177.)

21. Schilberszky (K.). — Die gesamtbiologie des Kartoffelkrebses. (Münich, 1920.)

22. Selaries et Rohmer. — La maladie verruqueuse de la pomme de terre en Alsace. (*Ann. Epiphyties et Phytogen.*, 1934-1935.)

23. Weiss (F.), Orton (C. R.) and Hartman (R. E.). — Investigations of Potato Wart. (*U. S. Depart. Agric., Bull.* n° 1156, 1923.)

ESSAIS DE TRAITEMENTS

CONTRE LES MALADIES DU MELON EN 1934

par P.-H. Joessel.

Les essais que nous avons entrepris en 1934 font suite à ceux de l'année précédente, dont les résultats ont été publiés antérieurement [1], le but poursuivi restant le même : la mise au point d'une méthode pratique de lutte contre les deux maladies cryptogamiques du Melon les plus graves dans la région d'Avignon, l'Oïdium ou Blanc (*Erysiphe Cichoracearum* D. C.) et l'Anthracnose ou Nuile (*Colletotrichum lagenarium*) P. (Ell. et Hals.)

CONDUITE DES ESSAIS.

Ces essais ont été effectués au champ d'expériences de la Station d'Agronomie et de Pathologie végétale d'Avignon, route de Marseille, sur la variété la plus habituellement cultivée par les maraîchers du Vaucluse et des Bouches-du-Rhône : *le Cantaloup Charentais*. Les melons dont nous nous sommes servi, cultivés sur 2 planches de 56 mètres de long sur 1 m. 75 de large, arrosés suivant le système d'irrigation souterraine de MM. Bordas et Mathieu [2] avaient été semés en place le 26 avril, la levée ayant eu lieu le 10 mai. Avant l'exécution de nos essais, de manière à les garantir des maladies cryptogamiques au début de l'été, ces plantes avaient été traitées uniformément avec une bouillie à l'oxychlorure de cuivre à 1 p. 100, le 29 juin.

Pour l'exécution des essais chacune des planches a été divisée en 7 parcelles égales qui ont été traitées conformément au tableau ci-dessous :

N° d'ordre des parcelles.	Nature du traitement.
1	Bouillie bordelaise.
2	— sulfocalcique.
3	— — ajoutée à la bouillie bordelaise.
4	— à l'oxychlorure de cuivre.
5	— au permanganate de potasse.
6	— à la chaux.
7	Témoin sans traitements.

[1] Joëssel (P.-H.) : Essais de traitements contre l'Oïdium ou Blanc du Melon en 1933. *Progr. Agr. et Vit.*, t. L, p. 599-603 1933.

[2] Bordas (J.) et Mathieu (G.) : Recherches sur la force de succion des sols et l'irrigation souterraine. *Ann. Sc. Agr.*, t. LVII, p. 192-235, 1930.

Mathieu (G.) : Thèse de Doct. de l'Université de Clermont, 1932.

Les parcelles étaient ainsi disposées, de l'Est à l'Ouest :

Planche I.		*Planche II.*	
Parcelle	n° 5.	Parcelle	n° 4.
—	n° 7.	—	n° 1.
—	n° 3.	—	n° 2.
—	n° 2.	—	n° 6.
—	n° 1.	—	n° 7.
—	n° 4.	—	n° 3.
—	n° 6.	—	n° 5.

La composition des bouillies employées était la suivante :

I. *Bouillie bordelaise :*

Sulfate de cuivre.. 1 kilogramme.
Chaux caséinée.. 0 kg. 700.
(Jusqu'à nette alcalinité.)
Eau.. 100 litres.

II. *Bouillie sulfocalcique :*

Bouillie sulfocalcique liquide à 32° B........................ 1 kilogramme.
Eau.. 100 litres.

III. *Bouillie sulfocalcique ajoutée à la bouillie bordelaise :*

Sulfate de cuivre.. 1 kilogramme.
Chaux caséinée.. 0 kg. 700.
Bouillie sulfocalcique à 32° B........................ 1 kilogramme.
Eau.. 100 litres.

(La bouillie sulfocalcique étant ajoutée simplement à une bouillie bordelaise préparée à l'avance.)

IV. *Bouillie à l'oxychlorure de cuivre.*

Oxychlorure de cuivre.. 1 kilogramme.
Eau.. 100 litres.

V. *Bouillie au permanganate de potasse.*

Permanganate de potasse.. 0 kg. 125.
Chaux (en poudre).. 0 kg. 500.
Eau.. 100 litres.

VI. *Bouillie à la chaux.*

Chaux en poudre.. 0 kg. 500.
Eau.. 100 litres.

Le Melon charentais n'est pas sensible au soufre, mais ce produit ayant donné l'année précédente des résultats peu favorables et son emploi présentant des dangers pour la plupart des autres variétés, nous avons jugé inutile de l'essayer à nouveau. Par contre, il nous a paru intéressant, à la suite des essais récents de

Dulac[1] sur la Vigne et le Pêcher, d'expérimenter l'action fongicide des composés sulfurés du cuivre : sulfures et polysulfures, obtenus d'une manière très simple par l'addition de bouillie sulfocalcique à la bouillie bordelaise.

Il ressort des nombreux essais de traitements faits par les maraîchers de Vaucluse que les corrosions vives ne paraissent guère à redouter comme conséquence des pulvérisations aux solutions cupriques. Le Verdet neutre même, le plus dangereux d'emploi des composés à base de cuivre pour les arbres fruitiers, est parfaitement supporté par le Melon, même à la concentration relativement élevée de 1 p. 100. Néanmoins, certains inconvénients sont à craindre, notamment l'apparition d'une auréole jaune en bordure des feuilles traitées avec une bouillie au cuivre. Nous

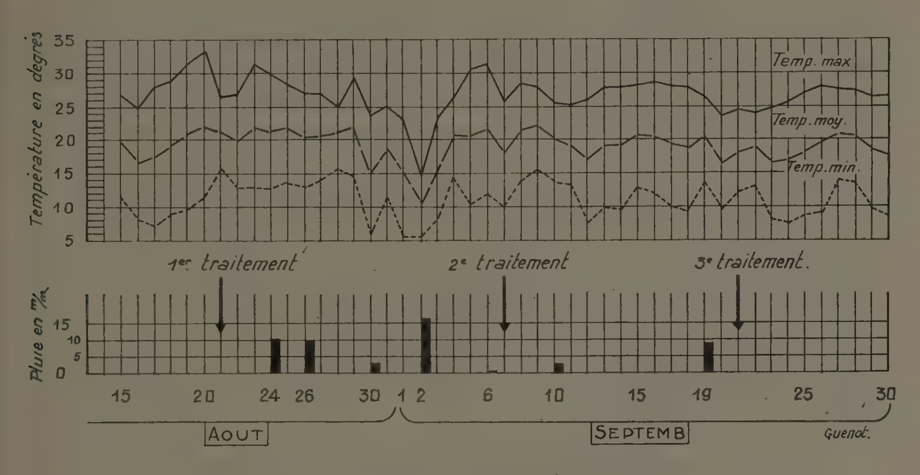


Fig. 1. — Observations météorologiques (1934).

avons donc cru nécessaire d'expérimenter un composé cuprique entré depuis peu dans la thérapeutique végétale : l'oxychlorure de cuivre, qui paraît pouvoir être avantageusement employé sur les végétaux supportant mal les bouillies bordelaise ou bourguignonne, comme le Pêcher en végétation.

La simple solution aqueuse de permanganate mouille très mal les feuilles et nécessite l'emploi d'une quantité de liquide relativement élevée, d'où un accroissement du prix de revient du traitement et une efficacité moindre. Aussi avons-nous jugé préférable d'ajouter ce produit à un lait de chaux, comme il est généralement d'usage de le faire pour le traitement de la Vigne. Dans ces conditions, il était indispensable d'étudier séparément l'action du lait de chaux lui-même.

Trois applications ont été faites : les 21 août, 7 et 21 septembre, en opérant toujours vers la fin de l'après-midi, entre 16 et 20 heures.

[1] Dulac (J.) : Utilisation des propriétés du sulfure de cuivre pour la lutte contre les maladies cryptogamiques. *C. R. Ac. Agric. France*, t. XX, p. 650-652, 1934.

Influence des facteurs météorologiques sur la végétation du Melon et le développement des maladies cryptogamiques.

Au moment de l'exécution de notre premier traitement, les melons étaient en excellent état et indemnes de maladies cryptogamiques, si nous exceptons toutefois un plant situé sur la parcelle 4 de la planche 1 (réservée aux traitements à l'oxychlorure) qui présentait sur quelques feuilles un début d'attaque d'Oïdium. L'abaissement de température des 30 août, 1 et 2 septembre accompagné d'un vent violent soufflant en rafales, devait gravement éprouver les plants et provoquer des dessications marginales sur la plupart des plus jeunes feuilles.

D'autre part, les chutes de pluie, échelonnées du 24 août au 19 septembre, détrempèrent fortement le sol et furent propices non seulement au développement de l'Oïdium, mais aussi de la Nuile, cette dernière affection ayant trouvé sans doute aussi comme condition favorable à son évolution le relèvement de température très sensible ayant suivi la pluie du 2 septembre.

RÉSULTATS OBTENUS.

Le 7 septembre, nous constations une attaque de «Blanc» généralisée sur les deux parcelles témoins et des attaques moins graves mais néanmoins sensibles sur les parcelles traitées à la chaux ou au permanganate. Les parcelles traitées à la bouillie bordelaise ou à la bouillie sulfocalcique étaient à peu près indemnes de maladies. Il en était de même des 2 parcelles traitées avec le mélange des deux bouillies précédentes (parcelles 3), si nous exceptons toutefois dans la parcelle de la planche 1, un plant situé en bordure, à proximité de plants très atteints de la parcelle témoin. Sur les deux parcelles n° 4, traitées à la bouillie à l'oxychlorure, les attaques étaient rares et dispersées et la tache, dont la présence avait été constatée le 21 août, n'avait pas sensiblement augmenté, l'état sanitaire général des parcelles étant toutefois moins bon que celui des parcelles 1, 2 et 3.

Le 7 septembre, nous constations également la présence de chancres dus à la Nuile sur quelques fruits, répartis dans les parcelles comme l'indique le tableau ci-dessous :

TABLEAU I.

Melons attaqués par la Nuile le 7 septembre.

N° D'ORDRE DES PARCELLES.	BOUILLIES EMPLOYÉES POUR LE TRAITEMENT.	NOMBRE DE MELONS ATTAQUÉS PAR LA NUILE.		
		PLANCHE 1.	PLANCHE 2.	TOTAL des melons attaqués dans les 2 parcelles.
2	Bouillie sulfocalcique...........	2	0	2
4	Bouillie à l'oxychlorure de cuivre..	0	1	1
6	Bouillie à la chaux.............	2	1	3
7	Témoin.....................	5	0	5

Les deux maladies devaient poursuivre activement leur évolution pendant la période du 7 au 21 septembre, jour de l'exécution du dernier traitement. A cette date, les plantes des parcelles 1, 2, 3 ne présentaient que de rares et faibles attaques d'Oïdium et étaient encore en pleine végétation. Celles des parcelles traitées à l'oxychlorure avaient un aspect sensiblement moins brillant; celles traitées au permanganate étaient alors intensément attaquées par l'Oïdium. La plupart des feuilles des plantes des parcelles laissées sans traitement étaient complètement desséchées; quant aux plantes traitées simplement à la chaux, si la moyenne partie de leur feuillage était restée turgescente, celui-ci était néanmoins encore plus attaqué par l'Oïdium que celui des plantes traitées au permanganate.

Parallèlement à l'Oïdium, la Nuile poursuivait son évolution. Dans le tableau II nous donnons le nombre des fruits atteints par la maladie entre le 8 et le 21 septembre.

Tableau II.

Melons attaqués par la Nuile du 8 au 21 septembre.

N° D'ORDRE DES PARCELLES.	BOUILLIES EMPLOYÉES POUR LE TRAITEMENT.	NOMBRE DE MELONS ATTAQUÉS PAR LA NUILE.		
		PLANCHE 1.	PLANCHE 2.	TOTAL des melons attaqués dans les 2 parcelles.
1	Bouillie bordelaise	0	0	0
2	Bouillie sulfocalcique	2	1	3
3	Bouillie sulfocalcique ajoutée à la bouillie bordelaise	4	0	4
4	Bouillie à l'oxychlorure de cuivre	2	0	2
5	Bouillie au permanganate de potasse	1	2	3
6	Bouillie à la chaux	0	6	6
7	Témoin	8	7	15

Si aucun melon ne figure pour les parcelles 1 traitées à la bouillie bordelaise sur les tableaux I et II, dont les nombres sont totalisés sur le tableau X, nous ne saurions pourtant en conclure que l'application de cette bouillie arrive à empêcher complètement l'apparition, puis le développement de cette grave affection. Nous constations, en effet, le 21 septembre, sur des parcelles servant à un essai d'un autre ordre, traitées également à la bouillie bordelaise, la présence de quelques fruits atteints, ces fruits étaient beaucoup moins nombreux néanmoins que sur les parcelles non traitées du même essai ou celles traitées à la bouillie sulfocalcique.

Sans pouvoir nous montrer affirmatif, à la suite d'une première année d'essais, il nous semble pourtant que les pulvérisations à la bouillie bordelaise ont eu un effet très favorable contre la Nuile. Nos résultats viennent ainsi confirmer ceux

des auteurs américains s'étant occupés de la question, notamment de Reed [1] et de Edmond, Strand et Mc Nall [2] qui préconisent cette bouillie contre l'Anthracnose.

Si, en nous reportant au tableau X, nous considérons le pourcentage des fruits attaqués par la Nuile dans les différentes parcelles, nous pouvons constater un écart très sensible entre celui enregistré dans les 2 parcelles du Témoin (29.8) et ceux des parcelles de 2 à 5 (respectivement 7,6, 6,3, 5,2 et 4,9). Mais, comme pour la bouillie bordelaise, il nous paraît nécessaire de rester encore sur la réserve avant de conclure à une certaine efficacité, et ceci, d'autant plus, que la maladie n'a commencé à sévir que peu de temps avant la fin de la récolte.

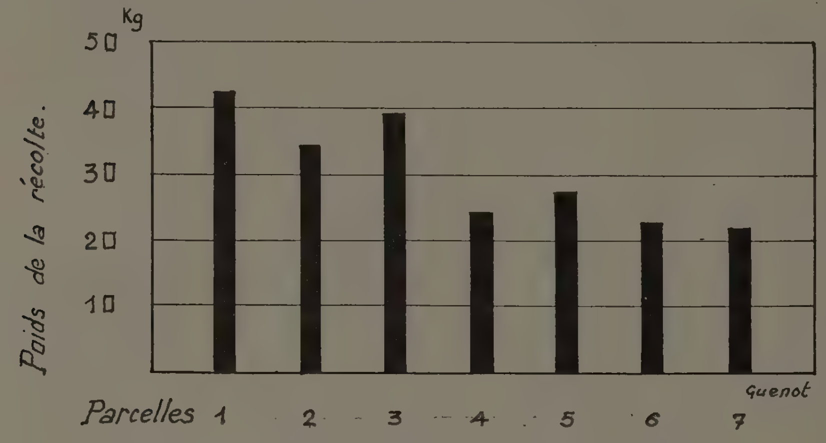


Fig. 2. — Influence des traitements sur le poids global de la récolte.

Nous serons, par contre, plus catégorique, en ce qui concerne les résultats de nos essais sur le développement de l'Oïdium, car ils confirment en tout point ceux de l'année précédente. L'examen des tableaux de III à X, permet en effet de faire des constatations fort intéressantes, venant appuyer les observations faites en plein champ sur l'évolution de la maladie dans les parcelles du Témoin et celles traitées avec les différents produits. C'est ainsi que sur les parcelles du Témoin (tableau IX), nous constatons que, du 2 septembre, date de la récolte des premiers melons mûrs, au 11 septembre, le poids moyen des fruits descend régulièrement à la suite du développement du «Blanc», la proportion des petits fruits, de valeur marchande faible ou même nulle, augmentant à mesure que celle des moyens ou gros diminue. D'autre part, à partir du 12 septembre, aucun melon n'est plus arrivé à maturité, tandis que sur les parcelles 5 et 6 la récolte a pu se continuer le 15, et sur les parcelles de 1 à 4 jusqu'au 20; ce seul fait traduit

[1] Reed (H. J.) : Melon growing in Indiana. *Purdue University Agric. Exp. St.* circ. 68, 1917.

[2] Edmond (J. B.), Strand (A. B.), Mc Nall (F. J.) : Cantaloup production in Michigan. *Michigan State College Agric. Exp. St. Bull.* n° 196, 1930.

avec éloquence l'importance des résultats obtenus. Mais, hâtons-nous de le dire, si l'année avait été plus favorable à la culture du Melon, il est fort probable que les résultats auraient été encore meilleurs. Si la récolte s'est continuée une dizaine de jours de plus sur les plantes traitées des parcelles de 1 à 4, ce n'est pas l'évolution de la maladie qui a arrêté la production mais les basses températures enregistrées les 30 août, 1er et 2 septembre tout d'abord, qui ont à cette époque gravement éprouvé les plantes, les vents froids ensuite dont le feuillage a eu beaucoup à souffrir. En année normale, nous pensons que la récolte sur ces parcelles aurait pu se poursuivre encore pendant au moins une dizaine de jours. Notons que, le 3e traitement, effectué le 21 septembre, n'a plus eu aucun effet utile, puisque exécuté le lendemain de la date du ramassage des derniers melons susceptibles

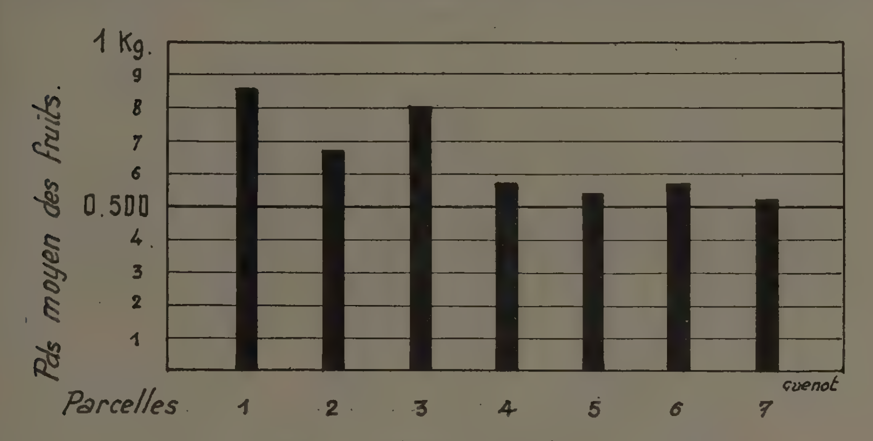


Fig. 3. — Influence des traitements sur le poids moyen des fruits.

d'être vendus. A ces remarques, nous ajouterons que les essais ont été faits dans des conditions culturales peu favorables au développement de l'Oïdium[1], sur des planches alimentées en eau suivant un système réversible, assurant le draînage avec l'irrigation, et permettant d'éviter à la surface du sol tout excès d'eau. D'autre part, toutes les parcelles avaient reçu un traitement à l'oxychlorure au début de l'été, précaution prise en prévision de notre absence d'Avignon pendant le mois, de juillet, et qui a contribué selon toute vraisemblance à retarder l'apparition de la maladie.

Si nous essayons de dresser une échelle d'efficacité entre les différentes solutions essayées, nous constatons que, comme en 1933, la bouillie bordelaise employée seule a retardé très sensiblement l'évolution de l'Oïdium. Ce fait se traduit en pratique par une forte proportion de fruits arrivant à maturité, un poids global de la récolte et un poids moyen des fruits particulièrement élevés : la proportion

[1] Bordas (J.), Joessel (P. H.) et Mathieu (G.) : Influence du mode d'irrigation sur le développement de l'Oïdium du melon dans la région provençale. *Revue de Pathologie végétale et d'Entomologie agricole,* t. XVII, p. 380-382, 1930.

de melons atteignant ou dépassant le kilo étant supérieure à celle constatée dans toutes les parcelles traitées avec les autres bouillies, tandis que, corrélativement, celle des fruits petits et surtout très petits est faible. L'emploi de la bouillie bordelaise agissant à la fois contre l'Anthracnose et l'Oïdium, en assurant une bonne protection du feuillage, permet d'obtenir, pendant toute la période de production de la variété, des fruits ayant le maximum de valeur marchande.

Les résultats constatés sur les parcelles traitées avec le mélange bouillie bordelaise-bouillie sulfocalcique ne sont guère inférieurs à ceux obtenus avec la bouillie bordelaise employée seule et la proportion de fruits gros et moyens est également très élevée. Le développement du feuillage des plantes traitées avec cette bouillie s'est montré en tout point remarquable, supérieur même à celui des plantes traitées à la bouillie bordelaise employée seule.

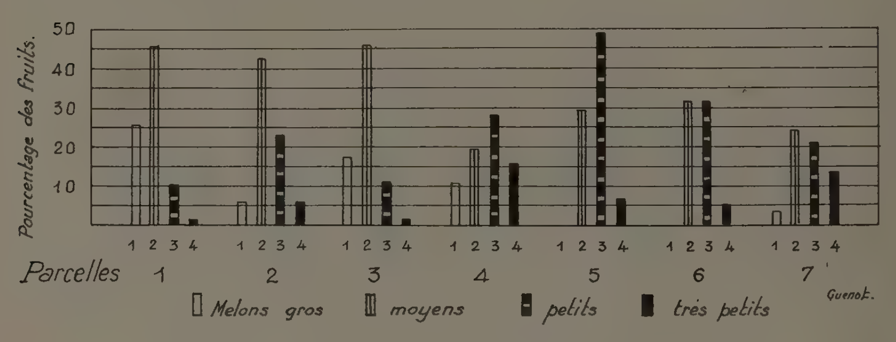


Fig. 4. — Influence du traitement sur la grosseur des fruits.

En troisième lieu nous paraît devoir se classer la bouillie sulfocalcique, son efficacité contre l'Oïdium ne pouvant laisser place à aucun doute. Mais les résultats néanmoins, sont sensiblement inférieurs à ceux que nous ont donnés les deux bouillies précédentes : la proportion de gros fruits étant nettement plus faible.

L'oxychlorure de cuivre s'est également bien comporté mais se place nettement après la bouillie sulfocalcique : le poids total des fruits récoltés et leur poids moyen ne différant guère de ceux du témoin.

Les conclusions à tirer de nos essais en ce qui concerne le permanganate sont les mêmes que celles de l'année précédente. Si ce produit jouit des propriétés curatives incontestables contre l'Oïdium, il ne possède qu'une action fugace. Il ne saurait donc être question de l'employer seul comme le font encore trop de maraîchers en Vaucluse. Nous noterons pourtant à son actif la faible proportion de melons attaqués par la Nuile sur les parcelles traitées avec sa solution.

Contrairement à notre attente, les résultats obtenus avec la chaux ne sont pas absolument nuls mais se rapprochent même assez sensiblement de ceux donnés par le permanganate, en faisant abstraction toutefois de la forte proportion de fruits attaqués par la Nuile. L'emploi de deux dernières bouillies, s'il n'a pas suffi à augmenter sensiblement le poids moyen des fruits et le poids global de

la récolte, a toutefois eu pour résultat de permettre un ramassage de plus que sur les parcelles non traitées.

Aucun inconvénient n'est résulté pour les plantes de l'emploi des bouillies mises à l'essai; aucune brûlure notamment n'a pu être attribuée aux traitements; si le feuillage a souffert pendant notre période d'essais, il ne fait aucun doute qu'il y a lieu d'incriminer le froid et le vent, les plantes non traitées ayant été éprouvées au moins autant que les autres.

La bouillie sulfocalcique, dont l'emploi aux États-Unis a donné de tels mécomptes qu'Edmond, Strand et Mc Nall recommandent de veiller avec soin à ce

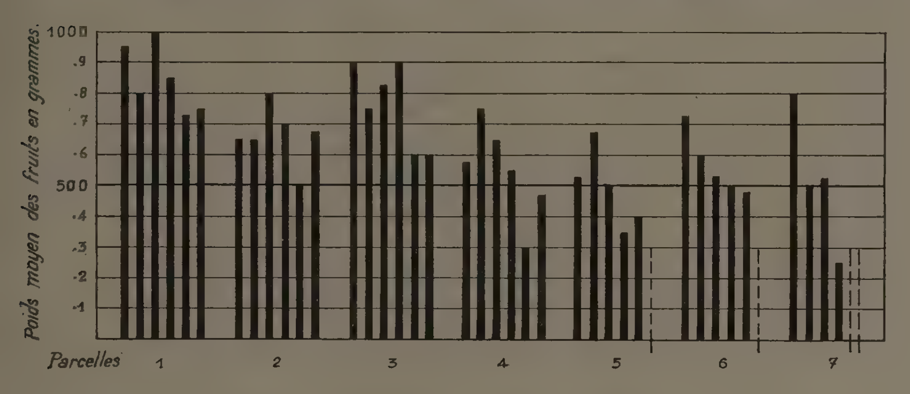


Fig. 5. — Influence des traitements sur le poids moyen des fruits à chaque comptage.

que le matériel destiné aux pulvérisations soit rigoureusement exempt des moindres traces de ce produit [1], a pu être utilisée sans dommages.

Sur les parcelles traitées à la bouillie bordelaise, nous n'avons pas observé, consécutivement à l'exécution des traitements, l'apparition d'une bordure jaune en marge des feuilles. Ce fait nous paraît dû à ce que nos traitements ont toujours été faits par beau temps, mais lorsque le soleil était déjà bas sur l'horizon et la chaleur peu intense. L'apparition de cette bordure, d'après Edmond, Strand et Mc. Nall serait la conséquence d'applications opérées sous un soleil ardent, par un temps lourd ou immédiatement après une pluie froide.

[1] Déjà cité. *The spray tank should be perfectly clean and absolutely free from lime sulphur. Small quantities of this ingredient in the Bordeaux burn the foliage very badly.*

TABLEAU III.

Parcelles n° 1.
Bouillie Bordelaise.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre........	2	1^{k} 200	2^{k} 400	6	5^{k} 800	0^{k} 950
	1	1 000	1 000			
	3	0 800	2 400			
4 septembre........	2	1^{k} 000	2^{k} 000	8	6^{k} 450	0^{k} 800
	2	0 900	1 800			
	3	0 850	2 550			
	1	0 400	0 400			
7 septembre........	3	1^{k} 400	4^{k} 200	12	12^{k} 000	1^{k} 000
	5	1 000	5 000			
	3	0 800	2 400			
	1	0 200	0 200			
11 septembre.......	2	1^{k} 000	2^{k} 000	11	9^{k} 300	0^{k} 850
	6	0 900	5 400			
	2	0 700	1 400			
	1	0 500	0 500			
15 septembre.......	3	0^{k} 900	2^{k} 700	6	4^{k} 350	0^{k} 725
	2	0 500	1 000			
	1	0 450	0 450			
20 septembre.......	3	0^{k} 900	2^{k} 700	6	4^{k} 600	0^{k} 750
	2	0 700	1 400			
	1	0 500	0 500			
				Nombre de fruits total :	Poids total de la récolte :	Poids moyen des fruits :
Pour l'ensemble des comptages..................				49	42^{k} 500	0^{k} 850

TABLEAU IV.

Parcelles n° 2.

Bouillie sulfocalcique.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre........	2	1^{k} 000	2^{k} 000	8	5^{k} 200	0^{k} 650
	2	0 600	1 200			
	4	0 500	2 000			
4 septembre........	3	0^{k} 900	2^{k} 700	12	7^{k} 800	0^{k} 650
	3	0 700	2 100			
	6	0 500	3 000			
7 septembre........	2	1^{k} 000	2^{k} 000	12	9^{k} 750	0^{k} 800
	3	0 900	2 700			
	6	0 800	4 800			
	1	0 250	0 250			
11 septembre.......	2	0^{k} 900	1^{k} 800	8	5^{k} 550	0^{k} 700
	3	0 850	2 550			
	3	0 400	1 200			
15 septembre.......	2	0^{k} 900	1^{k} 800	6	3^{k} 000	0^{k} 500
	1	0 600	0 600			
	3	0 200	0 600			
20 septembre.......	1	0^{k} 900	0^{k} 900	5	3^{k} 400	0^{k} 675
	2	0 800	1 600			
	2	0 450	0 900			
Pour l'ensemble des comptages..................				Nombre de fruits total : 51	Poids total de la récolte : 34^{k} 700	Poids moyen des fruits : 6^{k} 675

TABLEAU V.

Parcelles n° 3.

Bouillie sulfocalcique ajoutée à la bouillie bordelaise.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre........	3 5 2	1k 000 0 900 0 750	3k 000 4k 500 1 500	10	9k 000	0k 900
4 septembre........	2 6 3 4	1k 200 0 900 0 700 0 300	2k 400 5 400 2 100 1 200	15	11k 100	0k 750
7 septembre........	3 3 2 1	1k 000 0 900 0 800 0 200	3k 000 2 700 1 600 0 200	9	7k 500	0k 825
11 septembre.......	2 3 2	1k 200 0 900 0 600	2k 400 2 700 1 200	7	6k 300	0k 900
15 septembre.......	2 1 1 1	0k 900 0 500 0 400 0 300	1k 800 0 500 0 400 0 300	5	3k 000	0k 600
20 septembre.......	1 1	1k 200 0 900	1k 200 0 900	2	2k 100	0k 600
Pour l'ensemble des comptages....................				Nombre de fruits total : 48	Poids total de la récolte : 39k 000	Poids moyen des fruits : 0k 800

TABLEAU VI.

Parcelles n° 4.

Bouillie à l'oxychlorure de cuivre.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre........	1 3 1	1^{k} 000 0 500 0 400	1^{k} 000 1 500 0 400	5	2^{k} 900	0^{k} 575
4 septembre........	3 5 4	1^{k} 000 0 800 0 500	3^{k} 000 4 000 2 000	12	9^{k} 000	0^{k} 750
7 septembre........	2 2 3 2	1^{k} 400 0 650 0 500 0 200	2^{k} 800 1 300 1 500 0 400	9	6^{k} 000	0^{k} 650
11 septembre.......	1 2 1	0^{k} 800 0 500 0 400	0^{k} 800 1 000 0 400	4	2^{k} 200	0^{k} 550
15 septembre.......	2 1 6	0^{k} 700 0 500 0 150	1^{k} 400 0 500 0 900	9	2^{k} 800	0^{k} 300
20 septembre.......	1 1 1	0^{k} 850 0 400 0 200	0^{k} 850 0 400 0 200	3	1^{k} 450	0^{k} 475
Pour l'ensemble des comptages..................				Nombre de fruits total : 42	Poids total de la récolte : 24^{k} 350	Poids moyen des fruits : 0^{k} 575

TABLEAU VII.

Parcelles n° 5.

Bouillie au permanganate et à la chaux.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre........	2 3 4	0^k 800 0 500 0 400	1^k 600 1 500 1 600	9	4^k 700	0^k 525
4 septembre........	5 8 3	0^k 900 0 600 0 500	4^k 500 4 800 1 500	16	10^k 800	0^k 675
7 septembre........	3 7 5 2	0^k 800 0 500 0 450 0 150	2^k 400 3 500 2 250 0 300	17	8^k 450	0^k 500
11 septembre.......	3 2 1	0^k 450 0 300 0 150	1^k 350 0 600 0 150	6	2^k 100	0^k 350
15 septembre.......	2 1 1	0^k 500 0 400 0 250	1^k 000 0 400 0 250	4	1^k 650	0^k 400
20 septembre.......	Plus aucun melon arrivé à maturité.					
Pour l'ensemble des comptages..................				Nombre de fruits total : 52	Poids total de la récolte : 27^k 700	Poids moyen des fruits : 0^k 550

TABLEAU VIII.

Parcelles n° 6.

Bouillie à la chaux.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre........	1 4 3	0k 900 0 800 0 600	0k 900 3 200 1 800	8	5k 900	0k 725
4 septembre........	1 3 4	0k 900 0 800 0 400	0k 900 2 400 1 600	8	4k 900	0k 600
7 septembre........	5 3 8	0k 700 0 550 0 400	3k 500 1 650 3 200	16	8k 350	0k 525
11 septembre.......	1 2	0k 600 0 450	0k 600 0 900	2	1k 500	0k 500
15 septembre.......	1 2 1	0k 300 0 250 0 100	0k 300 0 500 0 100	4	0k 900	0k 225
20 septembre.......	Plus aucun melon arrivé à maturité.					
				Nombre de fruits total :	Poids total de la récolte :	Poids moyen des fruits :
Pour l'ensemble des comptages..................				39	21k 550	0k 575

TABLEAU IX.

Parcelles n° 7.
Témoin.

DATE DES COMPTAGES.	NOMBRE DE FRUITS récoltés.	POIDS de chaque FRUIT.	POIDS TOTAL.	NOMBRE DE FRUITS total par comptage.	POIDS TOTAL des fruits par comptage.	POIDS MOYEN par comptage.
2 septembre	2 5 1	1k 000 0 800 0 500	2k 000 4 000 0 500	8	6k 500	0k 800
4 septembre	1 4 3 3	0k 800 0 650 0 500 0 200	0k 800 2 600 1 500 0 600	11	5k 500	0k 500
7 septembre	6 5 3 2	0k 800 0 500 0 350 0 200	4k 800 2 500 1 050 0 400	16	8k 750	0k 525
11 septembre.......	2 1 3	0k 400 0 200 0 150	0k 800 0 200 0 450	6	1k 450	0k 250
15 septembre	Plus aucun melon arrivé à maturité.					
20 septembre	Plus aucun melon arrivé à maturité.					
Pour l'ensemble des comptages..................				Nombre de fruits total : 41	Poids total de la récolte : 22k 200	Poids moyen des fruits : 0k 525

TABLEAU X.

N° D'ORDRE des parcelles.	BOUILLIE EMPLOYÉE.	MELONS GROS 1 KILO et au-dessus.		MELONS PETITS ENTRE o^k300 et o^k600.		MELONS MOYENS entre o^k 600 et 1 kilo.		MELONS TRÈS PETITS au-dessous de o^k300.		MELONS ARRIVÉS à maturité. (fig. s/ tableaux de III à IX.)		MELONS ATTAQUÉS par la Nuile.		MELONS POURRIS OU NON arrivés à maturité.		TOTAL GÉNÉRAL des melons.
		Total.	p. 100.	Total.	p. 100	Total.	p. 100.	Total.	p. 100.	Total.	p. 100.	Total.	p. 100.	Total.	p. 100.	
1	Bouillie bordelaise	15	25 4	6	10 1	27	45 7	1	1 6	49	83 0	0	0 0	10	16 9	59
2	Bouillie sulfocalcique	4	6 1	15	23 0	28	43 0	4	6 1	51	78 4	5	7 6	9	12 2	65
3	Bouillie sulfocalcique ajoutée à la bouillie bordelaise	11	17 4	7	11 1	29	46 0	1	1 5	48	76 1	4	6 3	11	17 4	63
4	Bouillie à l'oxychlorure de cuivre	6	10 5	16	28 0	11	19 2	9	15 7	42	73 6	3	5 2	12	21 0	57
5	Bouillie au permanganate de potasse	0	0 0	30	49 1	18	29 5	4	6 5	52	85 2	3	4 9	6	9 8	61
6	Bouillie à la chaux	0	0 0	18	31 5	18	31 5	3	5 2	39	68 4	9	15 4	9	15 4	57
7	Témoin sans traitements	2	2 9	16	23 8	14	20 8	9	13 4	41	61 1	20	29 8	6	8 9	67

INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DE L'EXÉCUTION DES TRAITEMENTS.

Amélioration de la qualité, tel est essentiellement le résultat de l'application des traitements à la bouillie bordelaise, à la bouillie sulfocalcique ou avec le mélange des deux bouillies. A une époque où la culture est obligée de diminuer le plus possible le prix de revient, il était intéressant d'étudier (à titre d'exemple), les résultats financiers de l'exécution des traitements avec la première de ces formules, celle qui, tout compte fait, a donné les meilleurs résultats.

Recettes. — Nos essais ayant porté sur deux parcelles et la planche de culture ayant été divisée en sept parcelles, pour une planche traitée en entier à la bouillie bordelaise et une planche restée sans traitement, nous aurions dans chaque catégorie le nombre de melons suivant (tableau XI), en ne faisant pas état des très petits fruits au-dessous de 300 grammes dont la valeur marchande est sensiblement nulle.

TABLEAU XI.

CATÉGORIE DE MELONS.	PLANCHE TRAITÉE.	PLANCHE NON TRAITÉE.
Melons gros	$\frac{15 \times 7}{2} = 52.5$	$\frac{2 \times 7}{2} = 7.0$
Melons moyens	$\frac{26 \times 7}{2} = 94.5$	$\frac{16 \times 7}{2} = 56.0$
Melons petits	$\frac{6 \times 7}{2} = 21.0$	$\frac{14 \times 7}{2} = 49,0$

Si nous prenons les prix très bas pratiqués en septembre sur le marché en gros d'Avignon pour les melons de ces qualités.

Melon gros	6 francs la douzaine, soit	0 fr. 50 pièce.
— moyens	3 — —	0 fr. 25 —
— petits	2 — —	0 fr. 16 —

Pour chacune des deux planches le résultat des ventes serait le suivant (tableau XII) :

TABLEAU XII.

CATÉGORIES DE MELONS.	PLANCHE TRAITÉE.	PLANCHE NON TRAITÉE.
Melons gros	52.5 × 0f 50 = 26f 25	7 × 0f 50 = 3f 50
Melons moyens	94.5 × 0f 25 = 23f 62	56 × 0f 25 = 14f 00
Melons petits	21.0 × 0f 16 = 3f 36	49 × 0f 16 = 7f 84
	TOTAL 53f 23	TOTAL 25f 34

soit une différence de 53 fr. 23 — 25 fr. 34 = 27 fr. 89 en faveur de la planche traitée.

Dépenses. — Les dépenses se répartissent de la manière suivante, les frais de ramassage étant sensiblement les mêmes dans les deux planches, le nombre des melons à récolter étant du même ordre de grandeur.

1° *Prix de revient de la bouillie :*

20 litres étant nécessaires pour traiter convenablement une planche :
Le sulfate de cuivre (neige) étant coté.... 140 francs les 100 kilogrammes.
La chaux.............................. 40 — —

et en employant 1 kilogramme de chaux pour la neutralisation de 1 kilogramme de sulfate de cuivre, la dépense à prévoir est de :

$$\frac{(1 \text{ fr. } 40 + 0 \text{ fr. } 40)}{100} \times 20 = 0 \text{ fr. } 36$$

pour l'exécution d'un traitement.

Deux traitements ayant été nécessaires (le 3e effectué ayant été inopérant puisque exécuté après la date de ramassage des derniers melons), il y a donc lieu de prévoir comme dépense de liquide :

$$0 \text{ fr. } 36 \times 2 = 0 \text{ fr. } 72.$$

2° *Main-d'œuvre nécessaire pour sa préparation et son application :*

Pour la préparation et la pulvérisation de 20 litres de bouillie (un peu moins de 2 pulvérisateurs à dos); il faut compter au maximum 1 heure d'ouvrier à 3 fr. 25. Deux applications ayant été nécessaires, il faut donc tabler sur le double soit 6 fr. 50.

3° *Amortissement du matériel :*

Le matériel servant pour l'exécution de tous les traitements à faire dans la propriété et principalement aux traitements de la vigne, la part d'amortissement à prévoir pour les traitements particuliers des melons peut être considérée comme pratiquement négligeable.

Le montant total des dépenses à prévoir pour une planche est donc de

$$0 \text{ fr. } 72 \times 6 \text{ fr. } 60 = 7 \text{ fr. } 22.$$

Bilan. — Le bilan se solde donc par un bénéfice net de 27 fr. 89 — 7 fr. 22 = 20 fr. 67 par planche de 56 mètres de long sur 2 mètres de large (en comptant 1 m. 75 de largeur pour la planche et 0 m. 25 de séparation entre deux planches consécutives.

Le bénéfice ramené à l'hectare peut par conséquent être évalué à :

$$\frac{20 \text{ fr. } 67 \times 10.000}{112} = 1845 \text{ fr. } 53.$$

en se basant sur les prix de vente très bas d'une période de crise, pour une récolte dont la venue n'a été que peu favorisée par le temps.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Dans le but de mettre au point une méthode pratique de lutte contre l'Anthracnose et l'Oïdium du melon, nous avons essayé comparativement six solutions fongicides : une bouillie bordelaise, une bouillie sulfocalcique, un mélange des deux bouillies précédentes, une suspension d'oxychlorure de cuivre à 1 p. 100, une bouillie au permanganate de potasse et à la chaux, une bouillie à la chaux.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

1° La proportion de fruits attaqués par l'Anthracnose a été sensiblement plus faible sur les parcelles traitées que sur les parcelles du témoin, les meilleurs résultats ayant été obtenus avec la bouillie bordelaise;

2° L'évolution de l'Oïdium sur le feuillage a été retardée sur toutes les parcelles traitées, le retard ayant été surtout sensible sur les parcelles traitées avec la bouillie bordelaise, le mélange bouillie bordelaise-bouillie sulfocalcique, la bouillie sulfocalcique et la suspension d'oxychlorure de cuivre;

3° Une amélioration très nette de la qualité de la récolte, traduite par l'augmentation de son poids global et du poids moyen des melons, conséquence d'une forte proportion de fruits gros et moyens, a été remarquée surtout sur les parcelles traitées à la bouillie bordelaise et au mélange bouillie bordelaise-bouillie sulfocalcique et à un moindre degré sur celles traitées à la bouillie su focalcique.

L'étude des résultats financiers de l'exécution des traitements avec la bouillie bordelaise, celle qui dans l'ensemble a donné les meilleurs résultats, fait enfin nettement ressortir que l'opération se solde par un bénéfice justifiant largement les avances à faire pour le payement des produits et de la main-d'œuvre.

(*Station d'Agronomie et de Pathologie végétale d'Avignon.*)

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES TRAITEMENTS DES TAVELURES DES ARBRES FRUITIERS ET DU MILDIOU DE LA VIGNE

par J. Barthelet.

(Station centrale de Pathologie végétale, Versailles.)

Des essais de traitements sur vigne et sur arbres fruitiers ont été exécutés dans les champs d'expériences de la Station centrale de Pathologie végétale, en 1933, 1934 et 1935. Ils sont le complément de ceux effectués en 1931 et 1932 dont les résultats ont fait l'objet d'une note antérieure (Arnaud 1933).

Ces essais ont porté sur les Tavelures du Poirier (*Venturia pirina*) et du Pommier (*Venturia inaequalis*) et sur le Mildiou de la Vigne (*Plasmopara viticola*). Ils ont eu essentiellement pour objet :

1° De préciser, pour la région parisienne, l'époque de traitement la plus efficace en fonction des conditions météorologiques et de l'évolution de ces parasites;

2° L'essai d'un certain nombre de produits anticryptogamiques dont l'emploi a été préconisé ces dernières années et de divers composés chimiques appartenant pour la plupart à la série des matières colorantes dont l'application éventuelle comme anticryptogamiques avait été envisagée.

Tous ces produits ont été étudiés en comparaison avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre pour le poirier et la vigne et à 1 p. 100 de sulfate de cuivre pour le pommier, bouillie dont de nombreuses années d'expérience ont montré la valeur anticryptogamique et justifié la généralisation d'emploi en agriculture.

Les essais sur la Tavelure du Poirier ont été effectués sur quatre variétés plantées en lignes parallèles :

Doyenné d'hiver, contre-espalier sans abri;

Passe-Crassane, fuseau en plein air;

Beurré d'Hardenpont, fuseau en plein air;

Doyenné du Comice, fuseau en plein air.

Sur ces quatre variétés deux : *Doyenné d'hiver* et *Beurré d'Hardenpont* sont très sensibles à la Tavelure, les deux autres étant relativement résistantes. Les essais sur la Tavelure du Pommier, moins complets, ont porté surtout sur la variété *Calville blanc.*

Contre le Mildiou de la Vigne, les traitements ont été effectués sur deux variétés de grande importance économique qui sont toutes deux très sensibles à la maladie : *Aramon* et *Carignan.*

I. TAVELURE DU POIRIER.

A. *Année 1933.*

En 1933, les essais contre la Tavelure n'ont pas présenté un très grand intérêt, les fleurs ayant été détruites par la gelée dans notre verger d'expériences.

La Tavelure a fait son apparition le 14 juin sur des poiriers en contre-espalier des variétés *Doyenné d'hiver* et *Beurré d'Amanlis.*

Les traitements ont été effectués aux époques et dates suivantes :

1° Avant floraison .... 1er avril.
2° Après floraison .... 25 avril.
3° 15 jours après .... 12 mai.

A l'époque du premier traitement, les boutons des variétés *Doyenné d'hiver* et *Passe-Crassane* étaient bien ouverts, montrant les pétales («pink» des auteurs américains). Les variétés *Beurré d'Hardenpont* et *Doyenné du Comice* ont eu une floraison légèrement plus tardive.

Les produits employés ont été :

1° Bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre;

2° Bouillie commerciale à base d'oxychlorure de cuivre (V) en solution à 2 p. 100;

3° Bleu de méthylène 4B, en solution aqueuse à 2 p. 1.000;

4° Jaune direct Lumière 4J, en solution aqueuse à 2 p. 1.000;

5° Orangé d'Acridine brillant EA, en solution aqueuse à 2 p. 1.000;

6° Bouillie commerciale à base de soufre colloïdal (S-C);

7° Sulfure de Baryum (voie sèche, environ 30 p. 100 BaS) utilisé à la dose de 1 p. 100 en poids.

Aux produits 3, 4 et 5 était ajouté à la dose 1 p. 1.000 un mouillant de teinturerie (M46 ou Nekal) qui est un sel de sodium de l'acide isopropylnaphtaline-sulfonique.

Des observations sur l'efficacité des traitements ont été faites le 17 juillet et les arbres notés de 0 à 20 suivant leur gravité d'attaque, 20 représentant un état sanitaire parfait. Seuls, le feuillage et les rameaux ont été notés, les fruits comme il a été dit plus haut ayant été pour la plupart détruits par une gelée printanière.

Ces notations sont résumées dans le tableau I.

TABLEAU I.

Tavelure du Poirier. — Année 1933.

TRAITEMENT.	DOYENNÉ D'HIVER.		PASSE-CRASSANE.		BEURRÉ D'HARDENPONT.		DOYENNÉ DU COMICE.	
	Feuilles.	Rameaux.	Feuilles.	Rameaux.	Feuilles.	Rameaux.	Feuilles.	Rameaux.
Bleu de méthylène	17	20	20	20	9	14	11	15
Jaune direct	14	16	20	14	9	14	13	18
Orangé II	14	18	15	20	10	15	15	19
Bouillie au soufre colloïdal (S-C)	14	17	16,5	20	6	10	14	18
Bouillie à l'oxychlorure de cuivre (V)	20	20	20	20	17	20	19	20
Bouillie bordelaise	20	20	20	20	20	20	20	20
Témoin non traité	13,5	15	16	20	10,5	11	13,5	15

B. *Année 1934.*

L'évolution de la Tavelure du Poirier en 1934 a été caractérisée en dehors d'une évolution normale de printemps, par des attaques tardives d'octobre qui ont fortement altéré une récolte protégée jusque-là par des traitements usuels de printemps. Cette attaque grave de Tavelure a été suivie au fruitier par une forte invasion de pourriture rose (*Trichothecium roseum*) qui a amené la pourriture complète des fruits. Il a été effectué des traitements à la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre aux dates suivantes :

1° Avant floraison .... 7 avril.
2° Après floraison .... 7 et 8 mai.
3° 12 jours après floraison .... 19 mai.

Sur certains arbres il n'a été effectué qu'un seul de ces traitements.

Les résultats notés comme précédemment (0 à 20) le 1er août, ont donné les chiffres suivants :

TABLEAU II.

Tavelure du Poirier. — Année 1934.

TRAITEMENT.	DOYENNÉ D'HIVER.			PASSE-CRASSANE.			BEURRÉ D'HARDENPONT.			DOYENNÉ DU COMICE.		
	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.
Bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre.												
1° Traitement avant floraison	20	20	19	20	20	20	17	20	16	19,75	20	//
2° Traitement après floraison	20	20	13	20	20	15	15	20	14	20	20	//
3° Traitement 15 jours après le 2e.....	20	20	13,5	20	20	15	10	20	20	20	//	//
3 traitements.......	20	20	18,5	20	20	19	18	20	18,5	//	//	//
Témoin non traité ...	20	20	12,5	//	//	//	10	20	12	//	//	//

C. *Année 1935.*

En 1935, à la suite des attaques tardives observées en 1934, le programme d'essais comportait des traitements destinés à prévenir les dégâts produits par le parasite en automne.

Des traitements ont donc été effectués aux dates suivantes :

1° Avant floraison .... 10 avril.
2° Après floraison .... 6 mai.
3° 15 jours après .... 21 juin.

Des traitements supplémentaires ont été effectués à la fin de l'été, les 2 et 23 septembre.

La Tavelure a été observée le 9 mai sur un poirier *Passe-Crassane*. Des attaques assez intenses ont eu lieu à la fin du printemps suivies d'un arrêt pendant la sécheresse de l'été. Des invasions assez importantes se sont développées en fin août et au début de septembre peu avant l'exécution des traitements prévus pour la fin de l'été.

Les attaques tardives contre lesquelles ces derniers traitements avaient été effectués ne se sont pas produites cette année par suite d'un assez fort abaissement de température en octobre et de gelées précoces à partir du 22 septembre.

A côté de la bouillie bordelaise, ont été utilisées :

1° Une bouillie commerciale à l'oxychlorure de cuivre;
2° Une bouillie au sulfure de cuivre.

Cette bouillie a été préparée par simple mélange de sulfate de cuivre et de sulfure de sodium sans addition de corps catalyseur, suivant la formule :

$$Na^2S + SO^4CU \rightarrow CuS + SO^4Na^2.$$

Ce produit ainsi préparé s'est montré, sans doute à cause de la présence de sels solubles (sulfate de soude?) très nocif pour le poirier. Il a amené en vingt-quatre heures la chute complète du feuillage de la variété *Doyenné du Comice*. Sur *Passe-Crassane* et *Beurré d'Hardenpont* la moitié seulement du feuillage est tombée, mais plus lentement; quant au *Doyenné d'hiver*, il a été le moins atteint. Il est curieux de noter ici que l'ordre de sensibilité aux brûlures par ce produit est l'inverse de l'ordre de sensibilité à la Tavelure.

Des notations de l'état sanitaire ont été effectuées les 14 août et 20 septembre. Nous ne rapporterons ici que les premières, les secondes ne changeant pas l'ordre relatif de l'efficacité des divers essais de traitement, mais montrant simplement une aggravation des dégâts sur les lots non protégés contre le champignon de la Tavelure.

Le traitement de printemps le plus efficace a été le troisième (15 jours après la floraison), l'état sanitaire de ce lot étant à peu près le même que celui des lots ayant reçu les trois traitements de printemps.

On peut signaler en outre qu'en 1935 des attaques sur rameaux se sont produites sur les diverses variétés à une période bien déterminée. En particulier, sur *Doyenné du Comice,* tous les rameaux de l'année portaient une zone tavelée de 5 à 6 centimètres de longueur placée à 20 centimètres environ de la base. Cette attaque correspond à une période pluvieuse qui s'est produite vers la fin du mois de juin. Des dégâts analogues ont été observés, avec des intensités décroissantes sur les variétés *Beurré d'Hardenpont, Doyenné d'hiver* et *Passe-Crassane.*

Traitements en pleine floraison. — En 1935, ont été envisagés les traitements effectués en pleine floraison. La possibilité de ces traitements est une question qui se pose souvent dans la pratique horticole :

a. Parce que les conditions climatériques ne permettent parfois pas d'effectuer les traitements avant et après floraison aux dates convenables;

b. Parce que la diversité de variétés à floraison échelonnée dans un même verger impliquerait une date de pulvérisation par variété, ce qui est une complication et une source de dépenses supplémentaires dans l'exécution de ces traitements.

En principe, il vaut mieux éviter ces traitements et constituer des vergers de façon homogène pour que ces questions ne se posent pas. Cependant, dans les vergers existants il ne faut pas, sous prétexte que quelques arbres sont en fleurs, supprimer les traitements surtout lorsqu'on a affaire à des variétés très sensibles.

Des essais très complets ont été faits sur cette question aux États-Unis par Hamilton (1935) essais motivés par le fait que sur certaines variétés à floraison de longue durée des attaques graves de Tavelure peuvent se produire pendant cette période.

Ceux que nous avons effectués confirment les conclusions de cet auteur. Si les grains de pollen se montrent *in vitro* sensibles à l'action des sels de cuivre, la pratique des traitements montre que la réduction du nombre de fruits par un traitement à la bouillie bordelaise pendant la floraison est pratiquement faible.

Ces conclusions ne valent bien entendu que pour une bouillie cuprique sans addition de corps de nocivité plus grande comme les arséniates et par des années où la floraison n'a pas été exagérément réduite par des gelées printanières.

Les résultats de ces divers essais sont résumés dans les chiffres du tableau III.

TABLEAU III.

Tavelure du Poirier. — Année 1935.

TRAITEMENT.	DOYENNÉ D'HIVER.			PASSE-CRASSANE.			BEURRÉ D'HARDENPONT.			DOYENNÉ DU COMICE.		
	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.
1er traitement seul...	18	17,5	7	15	19	10	9	11	//	14	14	//
2e traitement seul ...	17	17	11	//	//	//	12	13	//	15	14	//
3e traitement seul ...	19	18	16	20	19	19	20	16	//	18	20	//
3 traitements.......	20	18	18	19,25	19	19,5	19	//	20	20	//	20
3 traitements dont 1 en pleine floraison..	20	18	18	20	//	19	19	//	20	//	//	//
Témoin non traité...	17	16,5	7	14,5	19	8	9	11	//	15	13	//
Bouillie à l'oxychlorure de cuivre........	19	19	16	20	20	20	17	18,5	14	19	//	//
Bouillie au sulfure de cuivre	14	19	//	15	20	8	15	19	//	20	//	//

II. TAVELURE DU POMMIER.

A. *Année 1933.*

La Tavelure du Pommier a fait son apparition sur *Calville blanc* cultivée en cordon vers le 10 juin.

Des essais avaient été faits aux mêmes dates que pour la Tavelure du Poirier (voir plus haut).

Parmi les produits utilisés, on peut citer :

1° Bouillie bordelaise à 1 p. 100 de sulfate de cuivre;

2° Bouillie commerciale au soufre colloïdal, à 0,5 p. 100 (S-C);

3° Sulfure de Baryum (30 p. 100 BaS) à 1 p. 100 en poids;

4° Jaune direct Lumière 4J en solution à 2 p. 1.000;

5° Orangé d'Acridine brillant EA en solution à 2 p. 1.000;

6° Une bouillie commerciale à l'oxychlorure de cuivre (V).

Des observations faites le 17 juillet 1933 sont exposées dans le tableau IV.

TABLEAU IV.

Tavelure du Pommier. — Année 1933.
(Variété *Calville blanc.*)

TRAITEMENT.	CONTRE-ESPALIER.		CORDONS HORIZONTAUX.	
	FEUILLES.	RAMEAUX.	FEUILLES.	RAMEAUX
Bouillie bordelaise 1 p. 100	20	20	20	20
Sulfure de baryum	8	20	//	//
Bouillie S. C.	11	20	//	//
Jaune direct	//	//	14	//
Orangé d'Acridine	//	//	16	//
Bouillie à l'oxychlorure (V)	//	//	20	//
Témoin non traité	8	20	12	//

B. *Année 1934.*

La Tavelure du Pommier n'a pas été très grave dans nos cultures.

Les essais ont permis la comparaison des produits suivants :

1° Bouillie bordelaise à 1 p. 100;

2° Bouillie commerciale à l'oxychlorure;

3° Produit à base de sulfure de Baryum (désigné par SB). Ce produit complexe contenait une forte proportion de matières insolubles (75 à 80 p. 100), le reste étant formé de divers composés soufrés du baryum.

Le taux élevé de produits insolubles et leur densité élevée ont rendu très difficile l'utilisation directe de ce produit avec les appareils ordinaires de pulvérisation.

L'utilisation en poudrage s'est montrée très difficile et a de plus causé des brûlures assez graves.

Une amélioration a été obtenue par l'emploi d'eau chaude pour dissoudre le produit.

Ce produit a montré une efficacité très nette ainsi que le prouvent les notations du tableau V, mais il ne pourrait être rendu utilisable qu'après une mise au point de sa fabrication facilitant son emploi.

TABLEAU V.

Tavelure du Pommier. — Année 1935.
(Variété *Calville blanc.*)

TRAITEMENT.	CONTRE-ESPALIER.			CORDONS.		
	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.	FEUILLES.	RAMEAUX.	FRUITS.
Bouillie bordelaise	20	20	20	19,5	20	20
Bouillie à l'oxychlorure de cuivre	19	20	20	20	20	//
Bouillie au sulfure de baryum	20	20	20	19,5	20	//
Témoin non traité	16	20	18	1[illegible]	//	//

Il n'y a pas eu, en 1935, d'essais utilisables sur la Tavelure du Pommier.

III. MILDIOU DE LA VIGNE.

A. *Année 1933.*

Les premières taches de Mildiou, observées en fin juillet s'étaient développées à la suite des pluies du 15 juillet; une attaque notable quoique faible n'ayant été observée que pendant la deuxième semaine d'août après les pluies du 29 juillet. La maladie s'est généralisée par progression insensible jusqu'à la fin du mois d'août grâce aux petites pluies qui se sont produites pendant ce mois assez frais.

De toutes façons, la maladie n'a pas présenté une grande intensité.

Le Mildiou des feuilles a été surtout sensible sur *Carignan,* assez sur *Chasselas,* faible sur *Pinot* et *Aramon.*

Des traitements ont été effectués le 14 juin, 13 juillet, 2 août, 21 août. Un traitement à la bouillie bordelaise sur toutes les parcelles a été effectué pendant les derniers jours de septembre pour protéger la vigne.

De nombreux produits ont été essayés, en particulier des matières colorantes. Le tableau VI donnera le détail des notations effectuées le 3 octobre sur l'action de ces traitements (20 vigne saine, 0 vigne très attaquée par le Mildiou). Celles du 6 novembre portent sur la quantité de feuilles restant sur les souches.

Une partie de ces produits, les matières colorantes, le β-naphtol et le chloro-β-naphtol, ont été utilisés en solution à 2 p. 1.000 dans une dilution à 2,5 p. 1.000

de mouillant S. Ce mouillant est un mouillant basique dérivé de l'acide oléique et de l'éthylène diamine.

Le sulfure et le bisulfure de β-naphtol et l'hyposulfite de cuivre, produits peu solubles ont été utilisés à la dose de 5 p. 1.000 après avoir été mis préalablement en suspension dans une petite quantité de caséinate de chaux (500 gr. de caséine et 2 kilogr. de chaux pour 1 hectolitre de mélange final).

Le fluosilicate de cuivre a amené rapidement sur les feuilles des taches de 0,5 à 1 centimètre de diamètre rappelant des taches de black-rot, mais plus claires. Sur les grains de raisin il y avait de larges taches brunes analogues à une attaque de Mildiou (rot brun). Dans les traitements ultérieurs, la dose de ce sel a été abaissée à 0,25 p. 1.000, les brûlures ont été moins intenses. La safranine a produit quelques légères brûlures punctiformes.

TABLEAU VI.

Mildiou de la Vigne. — Année 1933.

TRAITEMENT.	ARAMON.		CARIGNAN.	
	3 OCTOBRE.	6 NOVEMBRE.	3 OCTOBRE.	6 NOVEMBRE.
Auramine	9	6	7	0
Orangé d'Acridine	10	7	8	2
Brun de phénylène	9	8	10	0
Rhodamine	9	6	11	0
Violet cristallisé	9	11	7	1
Vert malachite	10	14	11	3
Bleu meldola	13	17	13	10
Safranine	8	13	4	0
Bleu de méthylène	11	11,5	9	0
Primuline	12	19	11	1,5
β naphtol	10	17	11	7
Chloro β naphtol	10	14	12	9
Sulfure de β naphtol	15	19	11	12
Bisulfure de β naphtol	15	18	13	13
Hyposulfite de cuivre	20	20	20	16
Fluosilicate de cuivre 0,5 p. 1000	16	18	16	9
Bouillie bordelaise	20	20	20	19,5
Témoin non traité	14	8	8	0

B. *Année 1934.*

En 1934, l'intensité du Mildiou a été nettement supérieure à la moyenne et en particulier beaucoup plus grave qu'en 1933. La première apparition de la maladie a été notée le 30 juin a la suite des pluies de la deuxième quinzaine de juin.

Les dégâts ont été intenses en août et septembre, et le Mildiou s'est développé

activement jusqu'en octobre, où l'abaissement de température a ralenti l'activité du parasite.

Les traitements ont été effectués le 16 juin, 16 juillet, 28 juillet et 10 août. Deux traitements tardifs à la bouillie bordelaise ont été effectués sur l'ensemble des lots pour éviter un trop grand affaiblissement par le Mildiou des souches appartenant à des lots où l'action anticryptogamique des produits essayés s'est montrée insuffisante.

A côté de la bouillie bordelaise ont été essayés :

1° Des bouillies bordelaises additionnées, soit d'alun (2 kilogr. par hectol.), soit de sulfate d'ammoniaque (1 kilogr. 200 par 100 litres). Ces bouillies connues depuis fort longtemps et justement oubliées avaient été de nouveau préconisées par certains auteurs qui leur attribuaient une action supérieure à celle de la bouillie bordelaise ordinaire;

2° Des matières colorantes utilisées en solution à 2 p. 1.000;

3° Divers composés à base de naphtol ou de mercure.

Tous les produits des groupes 2 et 3 ont été additionnés de caséine à raison de 50 grammes par hectolitre sauf pour les produits suivants de réaction acide auxquels on a ajouté de la gélatine à raison de 50 grammes par hectolitre : Orangé II, Orangé vulcanisé, sel de Schaeffer Na, Sel de Schaeffer Ba, chlorhydrate de dithioaniline.

TABLEAU VII.

Mildiou de la Vigne. — Année 1934.

TRAITEMENT.	ARAMON.		CARIGNAN.	
	21 AOÛT.	7 OCTOBRE.	21 AOÛT.	7 OCTOBRE.
Orangé II	15	14	10	10
Orangé vulcanisé	14	12	8	8
Bleu meldola	10	10	9	4
Sel de Schaeffer Na	6	8	5	5
Sel de Schaeffer Ba	10	9	5	4
Phénylphénol	7	9	3	3
Chloro α naphtol	6	9	6	5
Monosulfure de naphtol	6	5	5	1
α Chloronaphtol-monosulfonate de soude	9	12	3	1
Acide thioglycolique-sel de mercure	11	12	4	3
Chlorhydrate de dithioaniline	9	9	9	4
Bouillie à l'oxychlorure de cuivre	18	18	13	15
Bouillie au sulfure de baryum	15	12	7	1
Bouillie bordelaise au sulfate d'ammoniaque	19	19	15	16
Bouillie bordelaise à l'alun	19	19	15	16
Bouillie bordelaise	19,5	19	15,5	16,75
Témoin non traité	9,5	9	5,6	2.75

C. *Année 1935.*

En 1935, le Mildiou a présenté ses premières taches le 20 juin. Le développement de la maladie a été assez intense du 5 au 20 juillet, grâce à une période pluvieuse et à la formation de nombreuses ramifications secondaires après un violent orage de grêle du 26 juin. Son activité s'est ralentie pendant la période peu pluvieuse de fin juillet et août.

Les produits utilisés en comparaison avec la bouillie bordelaise ont été :

1° Une bouillie à l'oxychlorure de cuivre ;

2° Une bouillie au sulfure de cuivre (à 300 gr. de CuS par hectol.).

Cette bouillie a été préparée par mélange de sulfate de cuivre et de monosulfure de sodium comme il a été dit plus haut à propos des traitements contre la Tavelure du Poirier. Mais ici le précipité noir de sulfure de cuivre a été lavé et on a ajouté à la bouillie du pentoxyde de vanadium (V^2O^5) à la dose de 1 gramme par hectolitre ainsi que l'avaient conseillé Branas et Dulac. Ainsi préparée, cette bouillie n'a pas amené de brûlures sur la vigne ;

3° Orangé II à 2 p. 1.000 ;

4° Violet cristallisé à 2 p. 1.000 ;

5° Un mélange d'Orangé II et de sulfate de cuivre, dans les proportions suivantes pour 100 litres de bouillie :

Orangé II	200 grammes.
Sulfate de cuivre	200 —
Mouillant Nekal	100 —

6° Un mélange de sulfate de cuivre et de diverses matières colorantes dans les proportions suivantes :

Orangé II	12 gr. 5.
Violet acide 5° Bé	12 gr. 5.
Violet cristallisé	12 gr. 5.
Vert malachite	12 gr. 5.
Sulfate de cuivre	200 grammes.

Ces deux derniers mélanges avaient pour but de déterminer une modification éventuelle des propriétés anticryptogamiques des constituants.

Les traitements ont été faits le 15 juin, le 10 juillet, le 25 juillet, le 14 août. Le 10 et le 21 septembre on a effectué un traitement à la bouillie bordelaise sur tous les lots.

Des notations ont été effectuées le 7 septembre sur l'état sanitaire et le 14 octobre sur la quantité de feuilles restant sur les vignes :

TABLEAU VIII.

Mildiou de la Vigne. — Année 1935.

TRAITEMENT.	ARAMON.		CARIGNAN.	
	7 SEPTEMBRE.	14 OCTOBRE.	7 SEPTEMBRE.	14 OCTOBRE.
Orangé II	13	8	9	5
Violet cristallisé	12	6	8	4
Orangé II au cuivre	18	15	15	13
Matières colorantes au cuivre	18	18	14	13
Bouillie à l'oxychlorure de cuivre	18	18	15	17
Bouillie au sulfure de cuivre	16	16	15	16
Bouillie bordelaise	18,5	19.5	17,5	18
Témoin non traité	9	5,5	9	3,5

CONCLUSIONS.

Ces essais de traitements effectués de 1933 à 1935 nous ont permis d'obtenir quelques conclusions sur l'époque la plus favorable pour l'exécution des traitements contre les tavelures du Poirier et du Pommier, le Mildiou de la Vigne et sur l'efficacité relative de certains produits.

A. *Epoques des traitements.*

1° *Tavelure du Poirier et du Pommier.* — On a pu constater, pour la Tavelure de Poirier en particulier, que le traitement de printemps le plus efficace a été :

En 1932, 2e traitement (après floraison);
En 1934, 1er traitement (avant floraison);
En 1935, 3e traitement (15 jours après floraison).

Si on rapproche la date à laquelle sont effectués ces traitements, celles où sont notées les premières apparitions de la maladie et les données météorologiques, il en résulte que, pour la région parisienne tout au moins, il n'est pas possible d'établir une corrélation utilisable pour conseiller un de ces traitements plutôt qu'un autre.

Peut-être existe-t-il des attaques primaires qui ont échappé à notre observation? De toutes façons leur notation se montrerait peu pratique et leur utilisation impossible pour l'arboriculteur.

Dans les conditions actuelles, il reste donc nécessaire d'exécuter les trois traitements de printemps :

1° Avant floraison;
2° Après floraison;
3° Quinze jours après.

Ces traitements ont depuis longtemps justifié leur efficacité, et nos recherches n'ont pu que confirmer leur incontestable nécessité si l'on veut obtenir des fruits exempts de Tavelure. Ces conclusions valent pour le Pommier et pour le Poirier.

Dans les années où la fin de l'été est pluvieuse, il est nécessaire d'exécuter en septembre, sur les fruits à maturité tardive, un ou deux traitements supplémentaires destinés à les protéger contre des attaques tardives du champignon de la Tavelure et à éviter le développement de ce parasite et de divers organismes secondaires au fruitier.

Ce programme de traitements nous a permis d'obtenir des récoltes parfaitement saines sur des variétés comme le *Doyenné d'hiver* qui ont été cependant abandonnées par beaucoup d'horticulteurs à cause de leur très grande sensibilité à la Tavelure (planches I et II).

2° *Mildiou de la Vigne.* — Ces essais ont confirmé que pour la région parisienne cinq traitements effectués approximativement aux dates suivantes : 15 juin, 15 juillet, 1er août, 15 août, 1er septembre, suffisent à assurer une protection complète de la récolte. L'exposé des rapports entre le développement du parasite et les facteurs météorologiques fera l'objet d'un travail ultérieur.

B. *Essais de produits anticryptogamiques.*

1° *Produits cupriques.* — De tous ces produits, c'est la Bouillie bordelaise qui reste jusqu'à présent la plus efficace, employée à la dose de 2 p. 100 de sulfate de cuivre contre la Tavelure du Poirier et le Mildiou de la Vigne et à la dose de 1 p. 100 de sulfate de cuivre contre la Tavelure du Pommier.

a. Une bouillie *à l'oxychlorure* s'est montrée d'efficacité à peu près équivalente, bien que dans certains cas, légèrement inférieure. Cependant, sa commodité d'emploi a amené sa vulgarisation, justifiée par ailleurs par sa moindre nocivité pour certains végétaux sensibles aux brûlures produites par les sels de cuivre;

b. Une bouillie au *sulfure de cuivre* préparée par mélange de sulfate de cuivre et de monosulfure de sodium a produit sur les poiriers des brûlures graves. Utilisée sur la vigne après lavage du précipité de sulfure de cuivre et addition d'oxyde

de vanadium, elle n'a pas produit de brûlures et montré une efficacité moins élevée que les corps précédents.

Peut-être qu'un perfectionnement dans ses conditions de préparation et d'emploi augmenterait son efficacité.

c. *L'hyposulfite de cuivre,* s'est montré efficace contre le Mildiou de la Vigne dans le seul essai que nous avons effectué avec ce produit.

d. *Le fluosilicate de cuivre* employé à la dose de 0,5 p. 1.000 a produit sur la vigne des brûlures graves. A la dose de 0,25 p. 1.000 quelques brûlures encore, mais de plus son efficacité s'est montrée insuffisante.

e. L'addition à la bouillie bordelaise de substances destinées soi-disant à augmenter son efficacité, comme *l'alun* et le *sulfate d'ammoniaque,* n'ont montré aucune action, leur addition diminuant même parfois légèrement l'action anticryptogamique de la bouillie bordelaise.

2° *Matières colorantes.* — L'essai d'un assez grand nombre de ces substances dont certaines avaient été recommandées en agriculture par divers auteurs à la suite d'essais faits pour la plupart *in vitro* sur des moisissures banales, n'a pas permis d'en déceler qui soient susceptibles de se substituer aux sels de cuivre. Elles ont montré une efficacité nulle pour la plupart, et moyenne pour une ou deux d'entre elles. Il suffira de se reporter aux divers tableaux pour voir leur classement.

3° *Composés divers.* — Une bouillie au *sulfure de baryum* industriel brut s'est montrée efficace contre la Tavelure du Pommier, mais sa difficulté d'emploi la rend pour le moment inutilisable.

Le *sulfure de baryum* de laboratoire (30 p. 100 BaS) n'a montré qu'une efficacité très restreinte.

Une bouillie au *soufre colloïdal,* peut-être efficace contre d'autres groupes de champignons parasites, n'a aucune action appréciable sur les organismes étudiés.

Divers *dérivés naphtaléniques,* en particulier des composés *sulfurés* et *chlorurés des naphtols,* ne peuvent être recommandés pour des traitements sur poirier, pommier et vigne, bien que leur action soit nettement supérieure à celle des matières colorantes.

BIBLIOGRAPHIE.

ARNAUD (G.). — Essais de traitements des arbres fruitiers et de la vigne. (*Annales des Epiphyties,* XVIII, 6, p. 35, 1 pl., 1932.)

ARNAUD (G.) et BARTHELET (J.). — Essais de traitements des arbres fruitiers et de la vigne en 1934. (*C. R. Académ. Agric. de France,* t. XX, p. 186-189, 1935.)

ARNAUD (G.) et BARTHELET (J.). — Essais de traitements des arbres fruitiers et de la vigne en 1935. (*C. R. Académ. Agric. de France,* t. XX, 1935, séance du 27 nov.)

Dulac (M. J.). — Utilisation des propriétés du sulfure de cuivre pour la lutte contre les maladies cryptogamiques. (*C. R. Académ. Agric. de France*, t. XX, p. 650-652.)

Hamilton (J. M.). — Studies on apple scab. (*Geneva Agr. Exp. Stat. Tech. Bull.* 227, 1935.)

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche I. — *a.* Poire Doyenné d'hiver saine; *b, c, d.* Poires Doyenné d'hiver tavelées à des degrés décroissants de gravité (2/3 G. Nat.).

Planche II. — Poires Doyenné d'hiver (2/5 G. Nat.) : *a.* Lot de fruits tavelés; *b.* Lot de fruits sains.

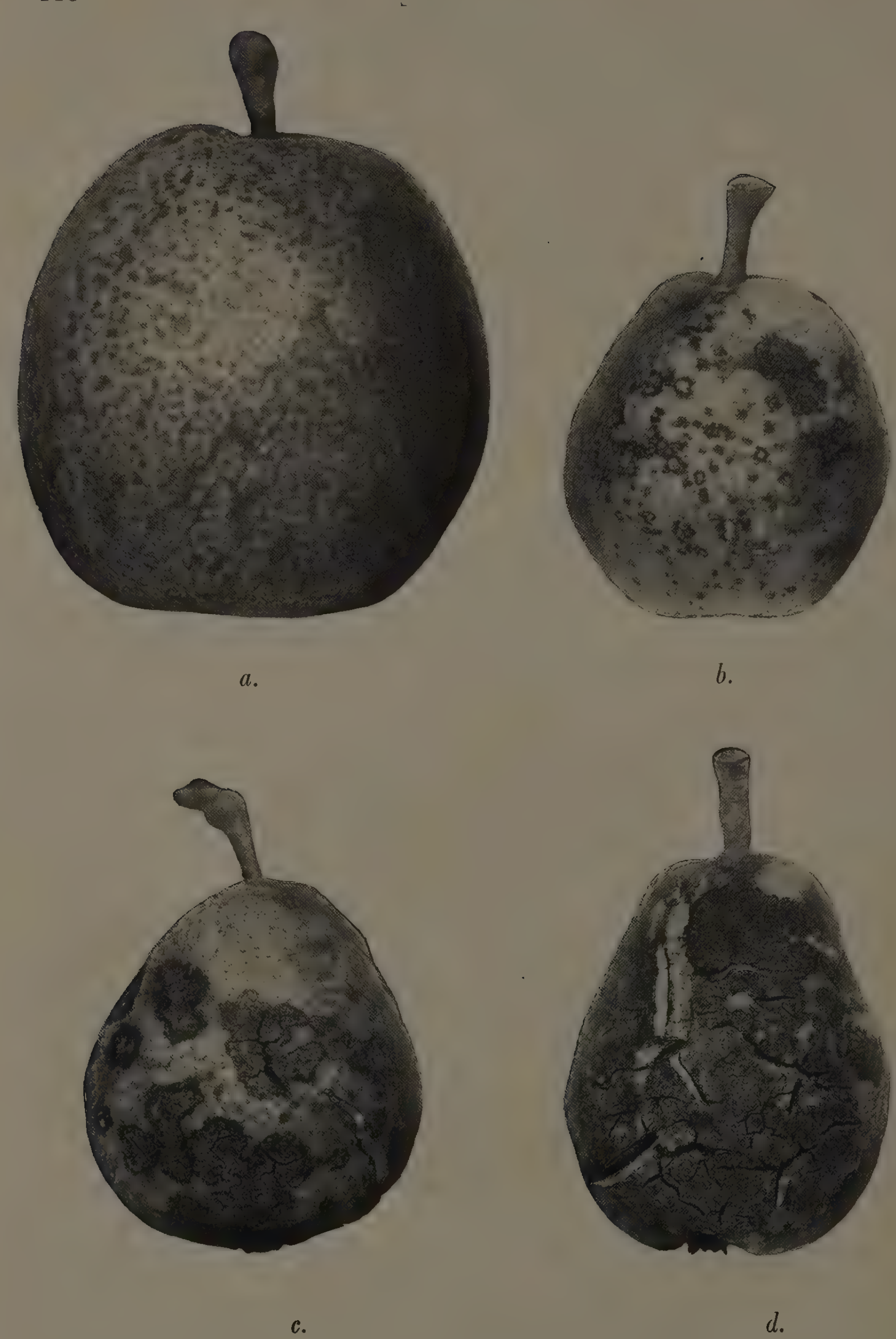


Planche I.
Tavelure des poires.



a.

b.

Planche II.

Tavelure des poires.

LE NÉRUME

OU POURRITURE NOIRE DES CHÂTAIGNES

(*Sclerotinia pseudo-tuberosa* et *Rhacodiella Castaneae.*)

par G. Arnaud et J. Barthelet.

(Station centrale de Pathologie végétale, Versailles.)

La pourriture noire des Châtaignes, appelée en Italie «*Nerume*» ou «*Marciume nero*», est une altération qui a été presque toujours négligée par les phytopathologistes; elle n'a guère été étudiée qu'en France et en Italie, où elle a fait l'objet d'un petit nombre de notes. L'altération a été observée sur les Châtaignes offertes sur les marchés et rarement dans les Châtaigneraies qui sont souvent éloignées des centres de recherches.

Elle est causée par le *Sclerotinia pseudo-tuberosa* Rehm, dont la forme conidienne est le *Rhacodiella Castaneae* Peyr. (*Harziella Castaneae* Bainier), correspondant aux «microconidies» des autres *Sclerotinia.*

Elle est caractérisée par la couleur plus ou moins brune à l'extérieur des parties altérées et surtout par le goût et l'odeur extrêmement désagréables que prennent après cuisson, les Châtaignes malades.

Cette altération a existé probablement de tout temps dans les régions à Châtaignes de France (Cévennes, Plateau central, etc.); l'un des auteurs a eu l'occasion de l'observer il y a plus de cinquante ans sur les Châtaignes vendues dans le Sud-Est de la France (Gard), où elle est très anciennement connue des consommateurs; dans certains lots 50 p. 100 des Châtaignes sont atteintes; dans les échantillons étudiés, Mangin (1918) en a observé 26 p. 100.

C'est à titre de consommateurs que nous avons été amenés à examiner cette altération sur des Châtaignes vendues sur les marchés de Paris et de Versailles, en particulier à la fin de 1934; les cultures pures qui ont été faites nous ont permis de confirmer les indications contenues dans l'excellent travail de Peyronel; mais, de plus, nous avons fait quelques observations spéciales sur le champignon qui cause la maladie, et dont la forme conidienne a une signification qui mériterait d'être précisée. Nous avons complété cette étude par des observations faites sur place, dans les bois des environs de Versailles, à la fin de l'automne 1935, où la maladie a été assez fréquente sur Châtaignes et sur glands de Chêne.

Le *Rhacodiella* est bien l'agent normal du *Nérume,* et c'est celui que l'on trouve le plus souvent seul dans les lots étudiés. Cependant, Voglino (1917) a signalé chez les Châtaignes gâtées le *Phoma endogena,* qui a été obtenu dans une grande

partie des prélèvements effectués en décembre 1934 pour la présente étude. Beaucoup d'autres moisissures peuvent aussi se développer dans les Châtaignes.

Le *Nérume* de la Châtaigne est beaucoup moins connu des Agronomes que la *Maladie de l'Encre* due au *Phytophthora cambivora* (Petri); celle-ci attaque la base du tronc où elle forme de grands chancres (plages d'écorce morte), qui laissent suinter un liquide brun-noir dû à l'altération des composés tanniques. Les deux altérations semblent n'avoir aucune relation, quoique chez d'autres arbres fruitiers les champignons des chancres soient souvent les mêmes que ceux qui provoquent la pourriture des fruits; les deux phénomènes peuvent du reste être causés par plusieurs champignons différents.

I. NÉRUME (*Rhacodiella Castaneae*).

Description macroscopique du Nérume (fig. 1).

Comme il a été indiqué, la maladie est surtout connue des consommateurs, qui l'observent sur les Châtaignes cuites; lorsque certaines Châtaignes sont reconnues altérées après cuisson au moment d'être mangées, il est facile en général de retrouver des fruits malades en épluchant une certaine quantité de Châtaignes crues du même lot. Autrement, il serait difficile de reconnaître celles qui sont malades si on faisait un examen limité à l'extérieur.

Cependant, Peyronel indique quelques caractères peu précis et assez peu sûrs. D'après cet auteur, les Châtaignes altérées ont une surface externe plus terne; de plus, dans certaines régions de France et d'Italie on sépare les fruits sains des malades en plongeant la récolte dans l'eau, les Châtaignes altérées surnageraient. Mais, ces caractères ne sont manifestes que lorsque la pourriture est très accentuée, et ils peuvent prêter à confusion avec diverses autres altérations. La faible densité et la couleur terne peuvent être en rapport aussi avec une dessication partielle et pour le premier caractère, avec les dégâts des «vers» des Châtaignes, qui creusent des cavités parfois importantes dans l'amande; ces «vers» appartiennent à deux espèces principales, l'un est la larve d'un Coléoptère, le Charançon ou Balanin (*Balaninus elephas*), l'autre la Chenille d'un Lépidoptère, la Pyrale des Châtaignes (*Carpocapsa splendana*); ces deux insectes peuvent aussi attaquer les glands du Chêne. Le *Balaninus* enfonce ses œufs dans les tissus de la Châtaigne; le *Carpocapsa* les pond à la surface vers la base; ce sont les jeunes larves qui pénètrent dans le fruit (Feytaud, 1926).

Pour constater la Pourriture noire, il est nécessaire d'éplucher la Châtaigne, c'est-à-dire d'enlever l'enveloppe externe (1) (paroi du fruit) de couleur brun «châtain» caractéristique; il est même le plus souvent utile d'enlever la pellicule

(1) La coque épineuse qui enveloppe les châtaignes correspond à une *cupule*, qui contient théoriquement trois *fruits vrais* ou *châtaignes;* souvent un ou deux fruits avortent; lorsqu'un seul des fruits se développe il est plus gros et plus rond; ce fruit unique est la règle chez certaines variétés qui fournissent les «marrons» des confiseurs (marrons glacés). Ces marrons

mince, brun-clair, friable (tégument de la graine) qui est en contact direct avec l'*embryon* ou graine proprement dite, dont les deux énormes cotylédons chargés de réserves nutritives constituent la partie alimentaire de la Châtaigne.

Lorsque l'altération est encore peu développée, on trouve à l'extérieur des cotylédons, en un point quelconque de la *surface*, une tache brune à bords estompés dont la couleur est très différente de la teinte jaune-verdâtre normale (fig. 1); cette tache est souvent assez irrégulière et s'étend peu à peu; elle peut recouvrir tout le fruit, mais cela est peu fréquent dans les conditions ordinaires. Quand l'altération est très marquée, elle peut être visible avant l'enlèvement de la pellicule

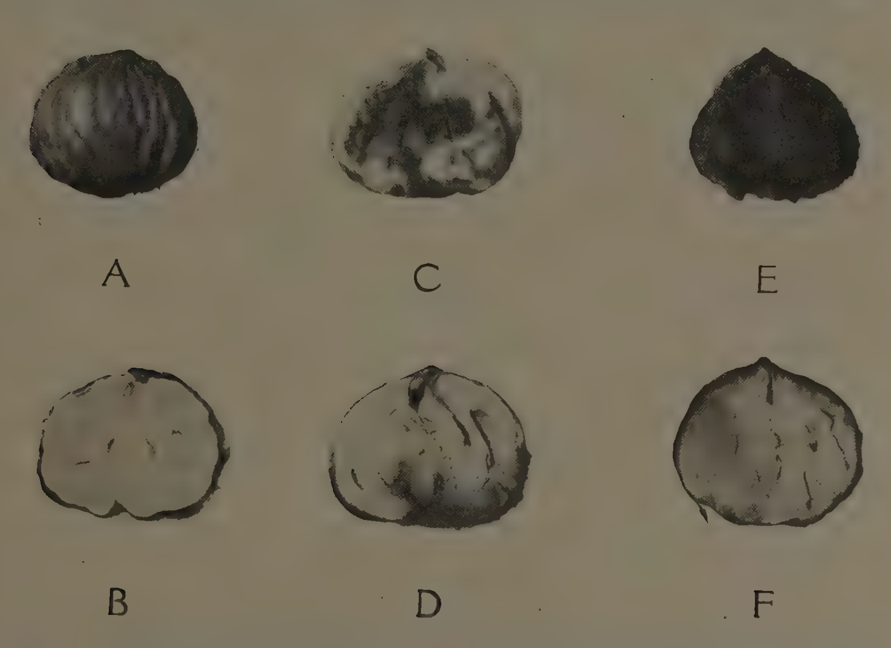


Fig. 1. — Châtaignes saines et Châtaignes présentant la pourriture noire. — A et B : saines, entière (avec la pellicule interne) et en coupe. — C et D : peu altérées, entière (embryon nu) et en coupe. — E et F : très altérées (avec la pellicule interne noircie et en coupe). — Le tout gr. nat.

(tégument). D'après Peyronel il peut se former sur la graine des sclérotes isolés analogues à ceux des *Sclerotinia*, mais ce cas doit être assez rare et n'a pas été observé par nous. Les fruits peu ou moyennement altérés n'ont pas d'odeur bien marquée à l'état cru.

On ne constate pas de rapports apparents entre la pourriture noire et les dégâts des insectes cités; les deux sortes d'altérations existent en général dans des fruits

n'ont rien de commun avec les marrons du Marronnier (*Aesculus Hippocastanum*) qui sont des *graines* (quoique colorées comme les *fruits* du Châtaignier); la coque épineuse qui, chez le Marronnier, enveloppe les marrons (graines) représente la véritable paroi du *fruit* et n'est pas homologue de la coque épineuse (*cupule*) du Châtaignier.

séparés; cependant, il est possible que la pénétration des larves (pour le *Carpocapse*) ou la piqûre de la coque (piqûres de ponte ou p. nutritiales pour le *Balaninus*) puissent intervenir, si l'on admet que, dans certains cas, les dégâts de l'insecte avortent et que, dans d'autres cas, le champignon ne suive pas l'animal. Ce n'est là qu'une des hypothèses à envisager dans une étude sur place.

Si l'on fait une coupe à travers la Châtaigne (embryon), on constate que les parties envahies par le champignon sont beaucoup moins foncées que ne pouvait le faire supposer l'aspect extérieur; dans certains cas même la section est plus claire; mais il y a une différence très nette dans la texture. En coupe, les tissus malades ont une apparence un peu crayeuse, terne, qui vient de ce que les éléments ont perdu leur élasticité et leur homogénéité; leur couleur est blanc-grisâtre, plus ou moins fumée par place, vers l'extérieur la teinte devient brun-foncé sur une petite épaisseur (fig. 1). D'après Mangin (1918) le développement du champignon est accompagné d'une dessication marquée.

Si l'on étudie une altération en voie de développement rapide, on constate souvent qu'elle a une forme conique; la base, à la surface du fruit, est en général brun-noir puis il y a une série de zones correspondant à une attaque de moins en moins ancienne dans l'ordre de colorations suivant : brun, gris-ardoisé, blanc-jaunâtre et enfin une zone brun-clair estompée; cette dernière se trouvant peut-être dans la zone de bordure non encore atteinte par le mycélium.

Le brunissement paraît dans une certaine mesure en rapport avec la pénétration de l'air.

Les tissus sains ont une section lisse, et sous le rasoir se montrent un peu élastiques, de couleur jaune-verdâtre frais, presque blanche dans certaines zones.

Les Châtaignes fortement altérées finissent par être d'un brun-noir dans toute la profondeur; ce cas est assez rare chez les Châtaignes vendues dans les villes mais il est fréquent sur les fruits laissés sur le sol.

Si l'on met les Châtaignes malades pelées dans un récipient sur du buvard humide, elles ne tardent pas à se couvrir d'une moisissure d'un brun-grisâtre, rappelant un peu par sa couleur celle du *Botrytis cinerea,* mais plus fine, d'un aspect plus doux; il s'agit en effet surtout de filaments mycéliens; les conidiophores sont moins nombreux que chez le *Botrytis;* ils forment de petits amas blanchâtres, surtout visibles à la loupe et dispersés dans la moisissure générale.

Lorsque les Châtaignes fraîches sont cuites à l'eau de la manière ordinaire, les parties saines de l'embryon prennent, on le sait, une couleur brun-clair, les parties envahies par le *Rhacodiella* deviennent brun-foncé dans toute la profondeur et sont plus dures; mais ce qui donne à la maladie son caractère le plus facile et le plus désagréable à constater, c'est une odeur et un goût nauséabonds, assez indéfinissables et qui rendent impossible la consommation de la Châtaigne attaquée; ces caractères se communiquent un peu au liquide de cuisson, qui est jeté normalement et qui, du reste, même avec des Châtaignes saines, a une odeur assez forte quoique non désagréable et une couleur brune marquée. Lorsque les Châtaignes gâtées sont peu abondantes, celles qui sont saines, mais qui ont cuit avec les premières, peuvent être utilisées, car le mauvais goût ne leur a pas été transmis d'une façon

sensible. De même lorsqu'une Châtaigne n'est attaquée que sur un côté par une lésion peu étendue le côté opposé a presque un goût normal. Le goût désagréable reste donc en grande partie dans la zone envahie par le mycélium, même après un séjour prolongé de plus d'une heure dans l'eau bouillante.

Le goût désagréable est surtout constaté par les enfants ou par les personnes peu délicates qui mordent dans la Châtaigne, coupée en deux, mais non décortiquée, pour faire sortir la pulpe farineuse par une pression énergique des dents; quand on pèle avec soin les fruits, on peut éliminer celles qui sont nettement altérées; cependant, il y a des cas douteux où l'altération est peu étendue et peu visible et il suffit de manger une de ces graines gâtées pour ne pas désirer en manger d'autres. On peut donc dire que ce sont ces fruits peu altérés qui sont les plus nuisibles puisqu'ils sont plus souvent mis dans la bouche par inadvertance.

La présence d'une certaine quantité de fruits atteints de Nérume est une gêne considérable pour le commerce et la consommation de ces fruits très nutritifs qui constituent la base de l'alimentation hivernale des populations agricoles des régions siliceuses des Cévennes et du Plateau central.

Lorsqu'elles sont attaquées, les Châtaignes «sèches» décortiquées, c'est-à-dire ayant subi une dessication à l'air chaud produit par un feu de bois, ce qui permet de débarrasser l'embryon des enveloppes non comestibles, ont un goût de Nérume moins marqué, lorsqu'on les a cuites également à l'eau (elles sont souvent consommées avec le liquide plus ou moins salé additionné de lait). Elles peuvent être absorbées par les personnes peu difficiles, lorsque les fruits altérés sont en petit nombre et les altérations peu étendues; mais les parties envahies par le mycélium sont plus consistantes; on dit dans certaines régions qu'elles sont «raides», et le mauvais goût est encore assez marqué pour rebuter la plupart des consommateurs.

Nous avons constaté rarement cet inconvénient chez les «marrons grillés» soit par suite d'une action de la chaleur plus intense à laquelle ils ont été soumis, soit parce que les marchands choisissent des lots peu altérés; le grillage des marrons fait en effet apparaître sur les parties saines des taches noires qui rendraient difficile l'élimination des parties atteintes de Nérume.

On peut se demander d'où vient le mauvais goût des Châtaignes atteintes de «pourriture noire»; il est vraisemblable que la matière odorante n'est pas un produit obligatoire de l'activité du parasite, mais que cette substance résulte d'une action particulière du champignon sur un composé spécial (peut-être du groupe des tannins) préexistant dans le fruit sain; en effet, nous avons goûté un morceau de vieille culture de *Rhacodiella* sur gélose à la farine d'avoine, elle n'avait aucune «saveur» sensible.

Quoique le mauvais goût (1) en question soit bien éloigné d'une amertume

(1) Ce mot est pris dans son sens usuel et non dans son acception scientifique; on sait en effet que les véritables sensations gustatives sont rares et que les prétendus «goûts» sont des sensations olfactives perçues pour des substances placées dans la bouche; l'odeur dans le sens usuel étant limitée aux mêmes sensations produites par des substances volatiles pénétrant de l'extérieur par les narines.

franche, on peut cependant, faute de mieux, établir une certaine analogie avec les propriétés amères développées dans divers fruits ou leurs dérivés. On sait que certaines bactéries donnent un goût amer au vin grâce à une altération des composés tanniques, de même certains champignons développent chez la pomme des «bitter-rots» (*Glomerella cingulata* et *Trichothecium roseum*); on sait aussi que diverses altérations non parasitaires, comme le «liège» (1) des Pommes, concorde souvent avec la production d'une amertume marquée («bitter pit»); mais d'autres champignons ne modifient pas le goût ou le modifient légèrement et sans donner aucune amertume (*Monilia fructigena*). De même le *Phytophthora omnivora* donne parfois aux fraises, pas toujours, un goût aussi désagréable que celui des Châtaignes gâtées, mais nullement identique; tandis que le *Botrytis cinerea* amène peu de modifications gustatives chez les mêmes fruits. On peut donc admettre provisoirement et par un usage, peut-être un abus, des analogies, que la production de la saveur nauséabonde du Nérume tient à la combinaison de propriétés spéciales du parasite avec des substances tanniques normales du substratum.

Les conditions de développement du *Rhacodiella Castanae* sont encore mal connues, aucune étude importante n'ayant été faite précédemment sur place dans les Châtaigneraies et en particulier sur les fruits en place. Peglion (1906) avait supposé que l'infection se produisait surtout dans les magasins et avait basé sur cette considération un procédé de désinfection; cet auteur rapprochait du reste le Champignon de la moisissure des caves *Rhacodium cellare;* mais Peyronel (1919) pense que l'infection se produit déjà sur l'arbre, il a constaté en effet la présence de Châtaignes altérées parmi les fruits tombés dans les Châtaigneraies loin de tout magasin ou habitation; cette infection sur l'arbre est peut-être vraisemblable, mais il ne semble pas qu'on puisse aller aussi loin que Peyronel, qui a émis l'hypothèse d'une infection déjà possible au moment de la floraison (2).

Mangin (1917) pensait d'abord que l'altération commençait au moment où le fruit allait tomber de l'arbre; cependant, ultérieurement (1918) il indique qu'il a cherché vainement la maladie sur des échantillons de fleurs et de fruits qui lui ont été envoyés de juillet à octobre, de Confolens (Charente). Ce résultat n'est pas complètement probant, car la maladie se développe d'une façon très irrégulière. Cependant, M. de Marsillac (1917) croit que la maladie se développe après la chute. Nous serions tentés de croire que les Châtaignes deviennent malades peu de temps avant la maturité ou peu après leur chute. En effet, beaucoup n'ont qu'une infection localisée de quelques millimètres de large placée en un point quelconque de la surface de l'embryon; caractères qui ne concordent pas bien avec ceux que l'on peut imaginer pour une infection datant de plusieurs mois. Il est assez vraisemblable que l'infection se produit à l'automne au moment où l'on a constaté la formation des apothécies sur glands de chênes (seul cas observé dans la nature).

A ce sujet nous avons essayé de compléter les indications des auteurs par des

(1) Atanasoff considère, il est vrai, le liège ou «bitter pit» comme une maladie à virus.

(2) Comme cela se produit pour d'autres *Sclerotinia* tels que le *S. linhartiana* du Coignassier.

observations directes. Comme il a été indiqué au début, la maladie s'est montrée dans les bois de Châtaigniers qui existent aux environs de Versailles et où la production de Châtaignes a été assez abondante en 1935. On sait que les Châtaigniers en question, subspontanés, donnent irrégulièrement des fruits petits mais excellents de goût et qui sont ramassés volontiers par les promeneurs pour la consommation familiale. Une constatation très nette a été faite; au moment de la chute normale en octobre, aucune Châtaigne ne s'est montrée atteinte de pourriture noire, même après cuisson; pourtant la moindre trace de maladie se révèle alors par un goût désagréable; mais il y avait près d'un tiers des fruits attaqués par les charançons. Par contre, à la fin de décembre, parmi les fruits laissés sur le sol, on trouvait environ 30 p. 100 de Pourriture noire parfois très avancée; donc en deux mois de séjour sur le sol par un temps doux et humide (sauf une dizaine de jours de gelées), la pourriture noire avait pris une importance considérable après la chute. Les Châtaignes les plus altérées avaient été envahies secondairement par des bactéries qui rendaient difficile l'obtention de cultures pures; on était obligé d'utiliser des fruits partiellement atteints. Dans les mêmes bois, les glands de chêne rouvre présentaient aussi fréquemment la «pourriture noire». Dans les glands fortements atteints, les cotylédons noircis se gonflent et font éclater la coque qui se fend sur un côté longitudalement, mettant largement à nu la partie noire. Les cultures pures faites à partir de glands se sont montrées morphologiquement identiques à celles provenant de Châtaignes. Dans les deux cas, en plus de bactéries pour quelques fruits, on n'a obtenu en cultures sur milieu artificiel, aucun autre champignon en dehors du *Rhacodiella*. Le champignon est probablement commun chaque année dans les bois de Châtaigniers de la région parisienne.

On a vu que le «Nérume» ne concorde pas, au moins en apparence, avec les dégâts des insectes.

Il y aurait lieu de rechercher si, comme pour beaucoup de *Sclerotinia* des fruits le champignon ne produit pas des chancres sur les rameaux et ne provoque pas d'altérations des fleurs, comme sur le pommier par exemple. Sur ce dernier, ces altérations sont du reste distinctes de celles qui se produisent sur les fruits mûrs. On pourrait rechercher aussi si l'on ne trouverait pas la forme conidienne sur feuilles. On ne possède à cet égard aucun renseignement; indiquons seulement, à titre de curiosité mycologique, que Siemazsko (1923) a signalé, en Pologne et au Caucase, sur les feuilles de deux Cupulifères : l'Aune (*Alnus glutinosa*) et le Noisetier (*Corylus avellana*), le *Monilia foliicola* Wor. (*Moniliopsis foliicola* Siem.) qu'il considère comme une forme microconidienne d'un *Sclerotinia*, mais les spores de ce champignon par leurs dimensions (15-18 × 12-15 μ) sont plutôt des macroconidies.

Par contre, un champignon qui pourrait bien être une forme microconidienne de *Sclerotinia* a été redécrit par Bubak (1914) sur feuilles vivantes de Chêne (*Quercus lanuginosa*), dans le Tyrol, sous le nom de *Cystodendron dryophilum* (Pass.) Bubak (syn. *Tubercularia dryophila* Pass. et *Strumella dryophila* Sacc.); la disposition des conidiophores est en buisson, un peu comme chez l'*Endoconidium*, mais l'article terminal qui produit les microconidies, en apparence endogènes, n'est pas plus allongé que les autres; les microconidies sont globuleuses ou un peu ovoïdes ou

irrégulières, incolores, de 2-2,5 μ de large, et elles sont disposées en chaînes, ce qui correspond bien aux caractères des microconidies des *Sclerotinia* et des genres voisins. Les articles inférieurs de l'appareil conidien sont plus ou moins colorés en brun.

Description microscopique du champignon (fig. 2 et 3).

A. Mycélium. — Le Mycélium a été décrit en détail par Peglion (1905). puis par Peyronel (1919). Les filaments sont très variables dans leurs divers caractères;

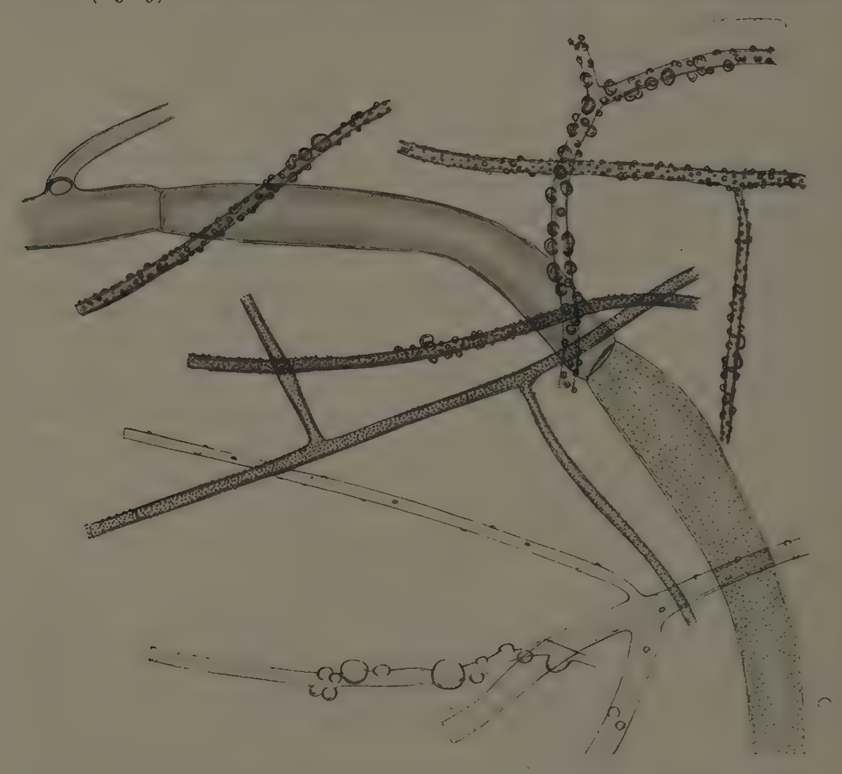


Fig. 2. — Myélium aérien du *Sclerotinia pseudo-tuberosa* Rehm (*Rhacodiella Castaneae*), gr. 1000.

ils peuvent être incolores ou bruns, larges ou minces. Les filaments bruns présentent souvent sur leur paroi un grand nombre de petites protubérances ou granulations également brunes en forme de boutons irrégulièrement arrondis (fig. 2). Toutes ces formes mycéliennes donnent plus ou moins directement des conidies, ces dernières peuvent même se développer dans une cellule mycélienne vide aux dépens d'une cellule voisine restée vivante; ce fait est du reste commun chez diverses espèces de moisissures.

Conidiophores (Microconidies). — Les conidiophores ont été décrits pour la première fois par Bainier (1908), grâce à des cultures faites à partir de Châtaignes

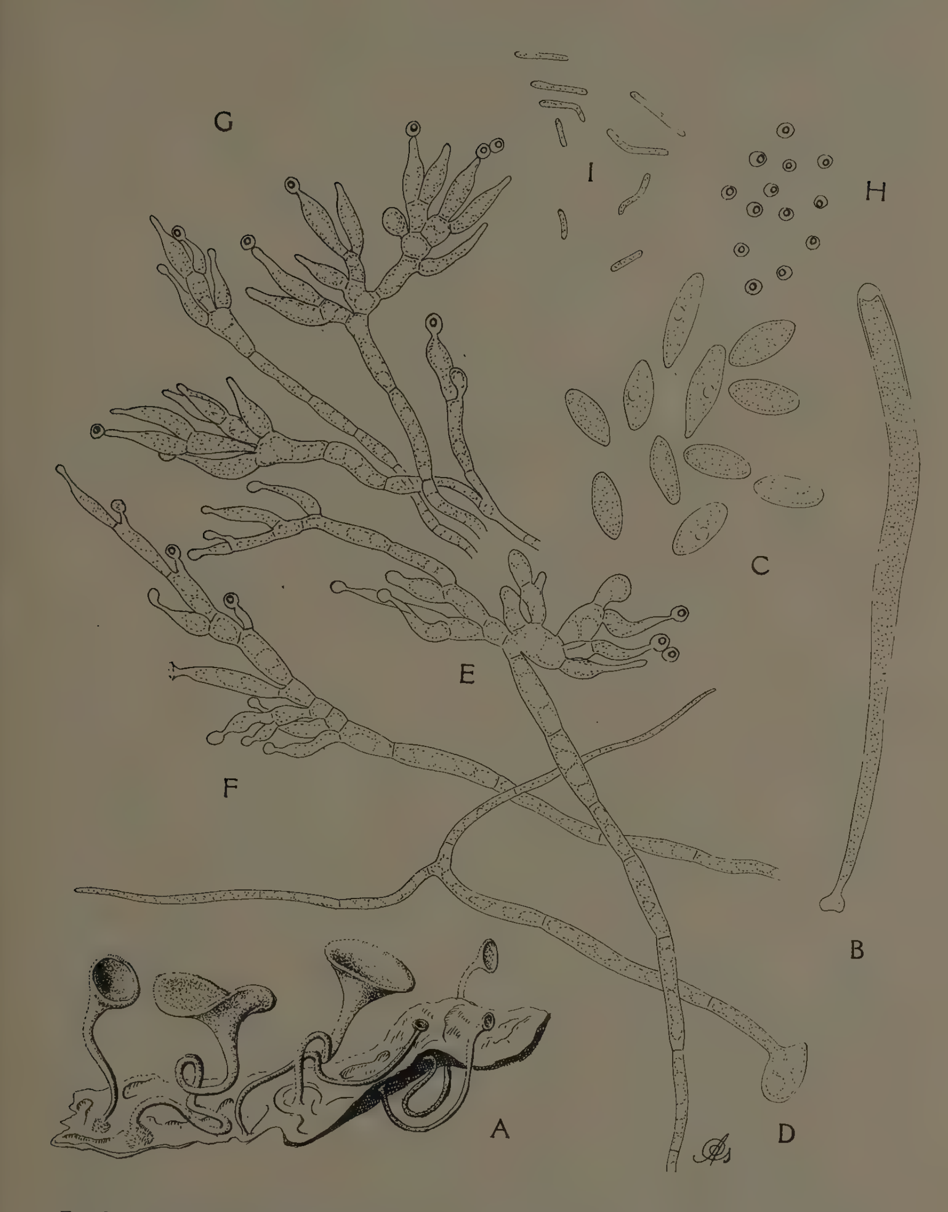


Fig. 3. — *Sclerotinia pseudo-tuberosa* Rehm. — A : apothécies sur un fragment de culture sur gélose à la farine d'avoine, gr. 3 fois. — B : asque non mûr, gr. 700. — C : ascospores, gr. 950. — D-E : germinations d'ascospores, gr. 950. — F et G : conidiophores peu développés, gr. 950. — H : microconidies, gr. 950. — I : éléments bacillaires indéterminés, gr. 950.

vendues à Paris. Cet auteur a surtout indiqué la forme la plus compliquée des conidiophores qui rappelle à plus d'un titre les *Penicillium* et que l'auteur a désignée par le nom d'*Harziella Castaneae* Bainier. Les conidies sont plus ou moins régulièrement globuleuses; comme le type du genre *Harziella* Costantin et Matruchot (*H. capitata* C. et M.) a des spores ovoïdes, Peyronel (1919) a créé pour le champignon de Bainier le genre *Rhacodiella* Peyr. et l'espèce est devenue le *Rh. Castaneae* (Bainier) Peyr. Le nom de *Rhacodiella* dérive de celui du genre *Rhacodium* dont le type est le *Rh. cellare,* ou moisissure des caves; espèce à laquelle Peglion (1906) avait rapporté le champignon des Châtaignes à cause des analogies dans le mycélium, seul organe connu à ce moment.

Nos observations sur les conidiophores concordent exactement avec celles de Bainier et Peyronel; mais, il est nécessaire d'insister particulièrement sur les formes les plus simples (fig. 3) des conidiophores qui sont très variables dans leur disposition. Il convient d'abord d'indiquer que ces conidiophores correspondent seulement au stade microconidien des *Sclerotinia* comme il sera indiqué dans la partie systématique; les macroconidies n'existent pas ou du moins n'ont pas été observées jusqu'ici. Il en est de même, on le sait, pour d'autres *Sclerotinia* plus connus comme le *Scl. libertiana* (= *S. sclerotiorum*).

Les microconidies des *Sclerotinia* qui ont été décrites d'abord par Tulasne (1853), puis par Woronine (1888, etc.), Prillieux (1891-1892) et beaucoup d'autres, ont des caractères communs : ce sont des *spores incolores, petites (moins de 3 μ), plus ou moins régulièrement globuleuses, se formant successivement en chaînes,* en général au sommet de conidiophores, *et contenant à leur intérieur un globule réfringent;* ce globule est régulièrement figuré par Woronine dont les dessins sont reproduits dans beaucoup de traités de Mycologie ou de Pathologie Végétale; comme on le verra plus loin, ces conidies peuvent être formées par un appareil qui va du plus simple au plus compliqué; pour le *Rhacodiella Castaneae* on ne connaît que les formes moyennes, d'ailleurs encore assez variées.

Le système le plus simple manque; mais il a été décrit chez d'autres espèces par les auteurs cités ci-dessus; chez *Sclerotinia tuberosa* (Tulasne 1853) par exemple, les microconidies peuvent se former directement en chaînes à la surface des ascospores, sans appareils conidiens intermédiaires d'aucune sorte. Dans d'autres cas, elles se forment de même sur les macroconidies (forme *Monilia* du *Sclerotinia linhartiana, Botrytis cinerea,* etc.); souvent aussi l'ascospore donne un court pédicelle ou même un stérigmate assez long en forme de bouteille. Comme dans aucune des espèces étudiées par les auteurs on ne trouve un type fixe, mais au contraire une grande variété et toutes les transitions, il est permis de penser que peut-être, dans certaines conditions, les ascospores du *Sclerotinia pseudotuberosa* donneraient ainsi directement des microconidies. Jusqu'ici le type le plus simple qui ait été réellement observé par nous est celui qui est dessiné dans la figure 3 D, E. L'ascospore a produit un filament qui s'est ramifié et dont les rameaux ont constitué un conidiophore mal défini, encore plus ou moins rampant (fig. E), mais portant des stérigmates en bouteille (phialides de Vuillemin), assez bien formés. Au sommet de chaque stérigmate se constituent successivement des microconidies ordinaires,

qui restent un certain temps en file. Dans un stade plus compliqué, le mycélium s'allonge, devient plus indépendant de l'ascospore et constitue une moisissure très abondante au milieu de laquelle on trouve des touffes conidiennes mieux formées, avec un pédicelle dressé, assez distinct de la partie supérieure sporifère qui est ramifiée plusieurs fois en verticilles ou faux verticilles; ces ramifications assez serrées sont intermédiaires entre le type *Verticillium* (à stérigmates divergents) et le type *Penicillium* (à stérigmates parallèles); c'est le stade qui a été surtout figuré par Bainier (1908) sous le nom d'*Harziella Castaneae* sans doute parce que cet auteur le considérait comme la forme la plus complète, la plus typique. Mais, presque toujours à côté des cas compliqués se trouvent les conidiophores plus simples et l'infinité des variations porte sur les divers caractères que l'on va examiner sommairement. D'une manière générale on peut dire que les conidiophores rampants ou plus ou moins inclinés sont moins distincts morphologiquement du mycélium et perdent plus ou moins la disposition verticillée des ramifications, qui existe chez les conidiophores dressés. Ces variations se retrouvent chez beaucoup d'autres Hyphomycètes (*Trichoderma,* fig. 5, etc.).

a. *Origine des conidiophores :* les stérigmates peuvent naître sur les ascospores, les macroconidies, le mycelium incolore comme sur le mycelium brun. Peyronel a constaté la présence de conidiophores dont la partie inférieure était formée de filaments bruns, de sorte que le champignon aurait pu se placer alors dans les Dématiées.

b. *Forme et insertion des stérigmates :* les microconidies, on l'a vu, peuvent naître directement des ascospores ou des macroconidies sans intermédiaire, et même du mycélium; parfois elles ont un court pédicelle (fig. 3 à gauche) ou sont formées sur des stérigmates allongés, normaux, en bouteille; c'est le cas le plus fréquent; ces stérigmates ont une disposition assez nettement verticillée sur les longs conidiophores, dressés, aériens; ils sont irrégulièrement dispersés et de forme variable sur les filaments conidifères rampants (fig. 3).

c. *Formation et groupement des conidies :* cette formation présente des variantes. Les microconidies sont presque toujours formées en chaînes, successivement; après qu'une conidie a atteint son complet développement, il s'en forme une autre au-dessous. Ces spores successives restent un certain temps en files, mais ces files sont très fragiles et souvent les spores d'un même stérigmate, ou les spores de plusieurs stérigmates voisins ou mieux l'ensemble des spores de tout un conidiophore se réunissent en une masse commune; elles sont alors agglutinées par une substance visqueuse (en atmosphère humide); la disposition de ces microconidies présente donc tous les stades qui caractérisent séparément les genres *Penicillium* (chaîne de conidies non agglutinables), *Verticillium* (conidies groupées en tête à l'extrémité de chaque stérigmate ou d'un petit nombre de stérigmates voisins) et *Gliocladium* (réunion en une masse commune pour tout un conidiophore, fig. 4).

Il existe un petit détail de structure, difficile à observer à cause de la petitesse des éléments dont la largeur dépasse à peine 1 μ et qui a été bien décrit par Peyronel (1919). La première conidie se forme, semble-t-il, au sommet du stérigmate, mais les suivantes se constituent un peu plus bas que la précédente en dedans du stérigmate, et, comme le sommet de ce dernier s'évase, les conidies finissent par naître au fond d'un petit entonnoir, «comme une poussée de lave au fond du cratère d'un volcan en miniature». Souvent, un peu au-dessous de

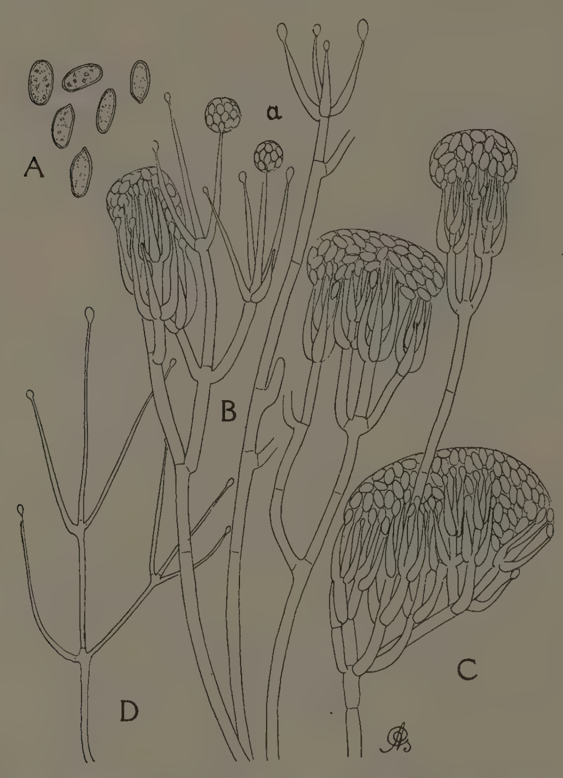


Fig. 4. — *Gliocladium penicillioides* Corda, sur tiges mortes d'Œillet cultivé (*Dianthus* sp.), Montpellier, 17 janvier 1911. — A : conidies, gr. 1100. — B à D: types divers de conidiophores, gr. 950.

la base de l'entonnoir, la paroi du conidiophore s'épaissit vers l'intérieur, réduisant la cavité à une espèce de pharynx étroit. Ces deux dispositions étaient déjà connues chez divers champignons où elles sont parfois plus marquées (*Penicillium*, fig. 8 et *Gibbellula*, fig. 9); la formation des conidies au fond d'un entonnoir caractérise le genre *Endoconidium* Prillieux et Delacroix (fig. 6 et 7), qu'il est difficile de séparer nettement du genre *Rhacodiella* et dont le type est aussi la forme microconidienne d'un *Sclerotinia* (*Sclerotinia* ou *Stromatinia temulenta* Pr. et D.). Antérieurement, Woronine (in de Bary 1870) avait figuré cette disposition chez un champignon tout différent, une *Sordariée* (*Podospora coprophila*, syn. *Sordaria*

coprophila); elle est du reste analogue à celle de beaucoup de conidiophores à spores dites à tort «endogènes» (*Thielaviopsis, Bloxamia*, etc.). En réalité, le terme

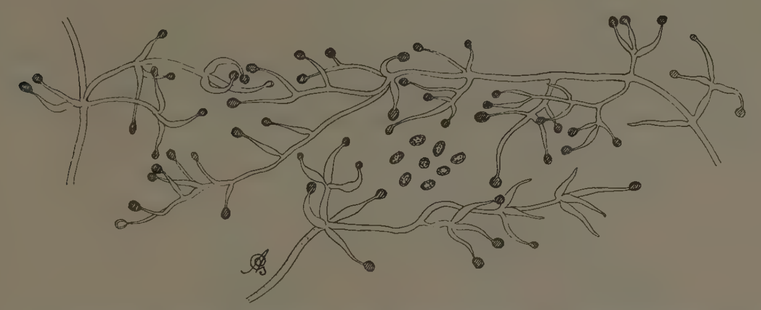


Fig. 5. — *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz; sur rameau pourrissant de Mûrier (*Morus alba*), Montpellier, 15 janvier 1911. — Conidiophores rampants; les cloisons transversales, peu visibles, n'ont pas été représentées, gr. 550.

d'endogène ne mérite pas d'être conservé ici; Peyronel (1921), pour le *Menispora microspora* Peyr., a utilisé le terme de conidies «mésoendogènes». Duvernoy et

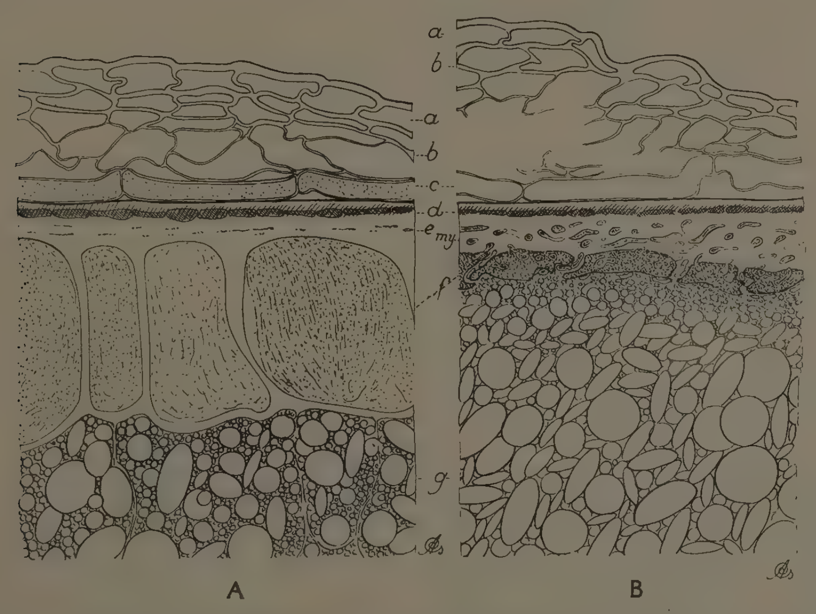


Fig. 6. — *Sclerotinia* (*Stromatinia*) *temulenta* Pr. et Del. sur grains de Seigle enivrant. — A : partie saine. — B : partie envahie par le mycélium (my) surtout dans la paroi externe de la couche à aleurone (début de l'invasion), gr. 420.

Maire (1920) ont employé le qualificatif de «pseudo-endogènes» pour des spores se formant par un procédé semblable dans le principe (*G. Endophragmia, E. mira-*

bilis), mais différent en apparence du fait que les conidies sont plus grosses et pédicellées ; ce cas fait transition vers celui du *Fusicladium dendriticum* où la colerette n'est plus qu'une ride à peine perceptible. Nous préférerions pour le type *Endoconidium* le terme de *Coléospores* (spores engainées), s'il n'existait pas un genre *Coleosporium* tout différent. En réalité, ces spores ne sont endogènes que vis-à-vis de la *couche externe* de la paroi du conidiophore, paroi qui se délamine ; si l'on ne considère que la couche interne de la paroi et la cavité cellulaire ces conidies se forment comme toutes les spores *exogènes.*

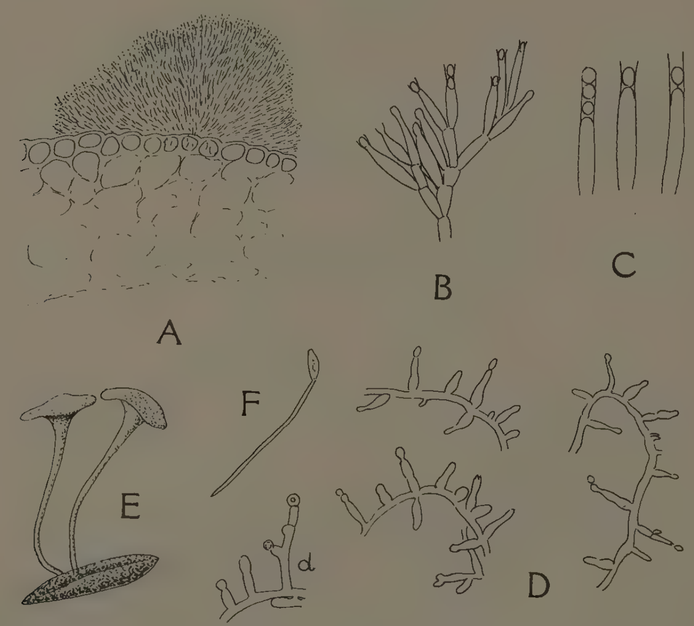


Fig. 7. — *Sclerotinia* (*Stromatinia*) *temulenta* Pr. et Del. sur Seigle enivrant. — A : touffe conidienne, sur glume? — B : conidiophores (forme en touffe). — C : détails de la formation des microconidies. — D : conidiophores (forme étalée) *d*, avec une conidie où le globule central est indiqué. — E : apothécies sur un grain de seigle attaqué. — F : germination d'une ascospore (d'après les dessins d'Ed. Prillieux).

Par ce qui précède, on peut constater que l'extrême variabilité des formations microconidiennes du *Rhacodiella Castaneae* lui donne des ressemblances avec la plupart des appareils analogues existant chez des groupes très divers de champignons : Eurotiées (*Penicillium*), Sordariées (*Podospora coprophila, Sordaria*), Chaetomiées (*Chaetomium chartarum, Ch. elatum, Ch. Kunzeanum*), Sphériées (*Ophiobolus*), Mélanosporées (*Melanospora, Neurospora, Microascus*), Trémellacées, Laboulbéniacées, etc. Mais on pourrait aussi les comparer à la plupart des Verticilliées et autres Hyphomycètes.

On s'est volontairement limité dans la recherche des affinités du *Rhacodiella* aux genres à petites spores globuleuses, mais il existe aussi des analogies avec des

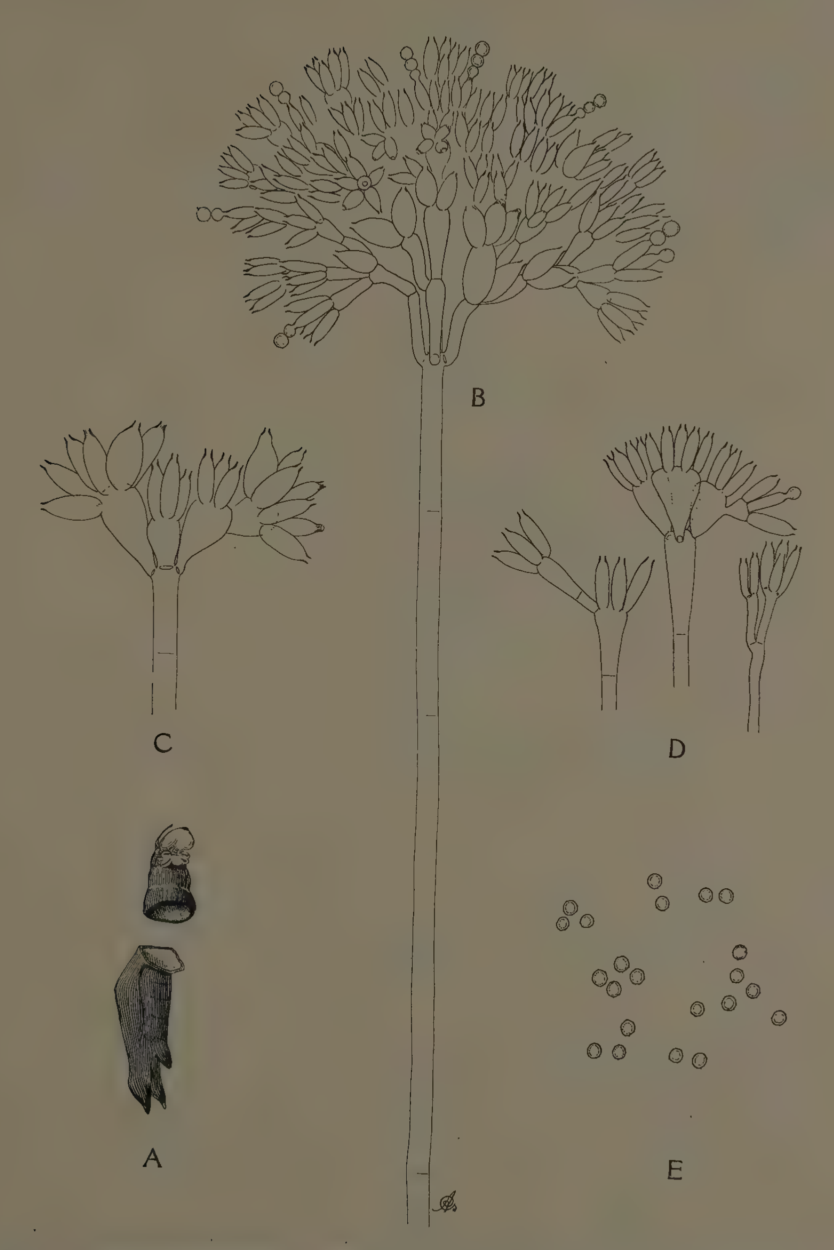


Fig. 8. — *Penicillium gibbelluloides* n. sp. ad int. — formant une couche vert-rose à l'intérieur d'une chrysalide morte de Lépidoptère, Tananarive (Madagascar), mars 1914. Watrelot leg. n° 118. A : chrysalide, gr. nat. — B, C, D : détails des conidiophores, gr. 800. — E : Conidies (brunes, légèrement verruqueuses ou échinulées), gr. 800.

types à spores globuleuses plus grosses (*Monilia Arnoldi* Mangin et Pat.) ou à spores oblongues et plus ou moins grosses (certains *Scopulariopsis*, *Gibbellula*, fig. 9, etc.).

Il n'y a pas lieu d'insister ici sur ces questions purement mycologiques qui ont été exposées ailleurs [1].

Indiquons que v. Höhnel (*Frag. Myc.* III, n° 67) a signalé un *Harziella effusa* v. H. à spores globuleuses de 1,5-3 μ réunies en masse sphérique et qui est peut-être aussi un *Rhacodiella.* Le champignon se développe sur diverses substances, et, d'après l'auteur cité, ferait transition vers le genre *Acrostalagmus* (= *Verticillium*); mais chez ce dernier les spores sont en général ovoïdes. Nous signalerons seulement les affinités étroites entre le *Rhacodiella Castaneae* et les autres formes conidiennes des *Sclerotinia*, telles que le genre *Endoconidium* (qui n'est qu'un type de *Rhacodiella* à conidiophores groupés en touffes) et les microconidies qui se forment au moment de la germination des macroconidies et des ascospores des divers *Sclerotinia* (formes conidiennes *Monilia* et *Botrytis*) causant la pourriture des fruits. Cette formation de microconidies existe aussi chez des genres voisins non pourvus de sclérotes, tels que *Phialea echinophila* (voir plus loin) où les micro-

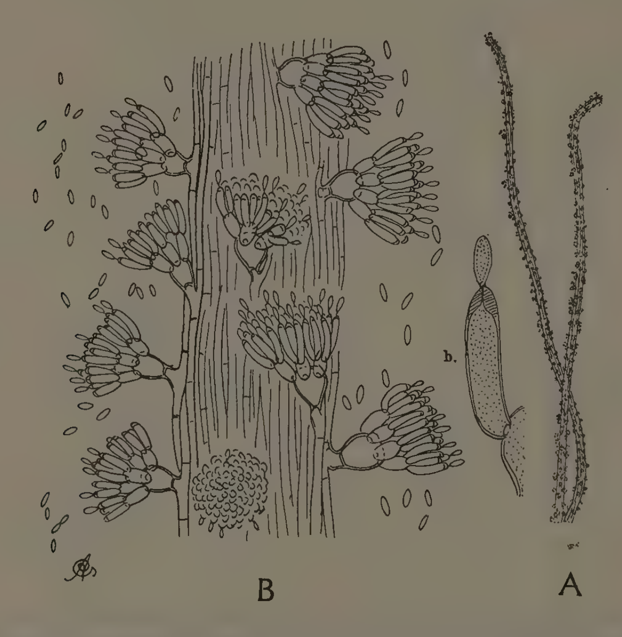


Fig. 9. — *Gibbellula arachnophila* Vuillemin (nec *G. pulchra*). — Sur Araignée morte, fixée à une feuille de Violette, Chevreuse (Seine-et-Oise), 18 juillet 1926. — A : faisceaux de conidiophores, gr. 17. — B : fragment grossi 500 fois. — b : stérigmate gr. 1500.

[1] Voir *Bull. Soc. Myc. de France*, LII, 1936, (sous presse).

conidies sont comme les précédentes globuleuses, et l'*Helotium herbarum* (Pers.) Fr. où elles sont ovoïdes, etc. (voir Boudier, *Ic. Myc.* pl. 481 et 497).

Rôle des Microconidies. — Signalons encore, à titre documentaire, que l'opinion des mycologues varie au sujet de la nature et du rôle des microconidies. Pour certains auteurs, ce serait une forme dégénérée de macroconidies ; cela est peu vraisemblable étant donné que ces formations se retrouvent avec des caractères identiques chez de nombreuses espèces très différentes, et qu'elles se forment exactement pareilles dans des conditions très variées, depuis la germination des ascospores jusqu'aux cryptes conidifères ressemblant à des pycnides. Il s'agit là d'une formation bien définie et distincte.

On peut les considérer de deux manières :

1° Ou bien ce sont des conidies, qui peuvent exister seules chez certaines espèces : *Scl. pseudotuberosa*, etc. ou avec des macroconidies : *Scl. fructigena, Scl. fuckeliana*, etc. ;

2° Ou bien ce sont des éléments fécondants.

Ce qui a amené certains auteurs à les considérer comme des macroconidies dégénérées, c'est qu'elles germent très difficilement. Cependant Brierley (1918) indique que si elles ne germent pas dans l'eau ordinaire, elles se développent facilement dans les solutions nutritives (pour celles du *Botrytis cinerea*). C'est un peu ce qui se passe pour les spermaties produites par les spermogonies de certaines Sphériacées ou Urédinées. A cause de ce caractère énigmatique des microconidies, certains auteurs ont été amenés à rechercher si ces corps n'avaient pas un rôle fécondant, en reprenant une hypothèse ancienne de Tulasne. Ainsi Drayton (1932-1934) a constaté au sujet du *Sclerotinia Gladioli*, des faits très intéressants qu'il serait trop long d'exposer ici. On sait que les «anthérozoïdes» des Laboulbéniacées, considérés aussi par beaucoup d'auteurs comme des organes mâles, se forment d'une manière analogue à celle des microconidies dites «endogènes» ; il en est de même des spermaties de certains Pyrénomycètes : *Pleurage anserina* (Cf. Ames 1934). La question se relie aussi à l'hétérothallisme d'autres champignons du même groupe : *Neurospora* (voir Dodge 1932).

Forme parfaite (Apothécies) fig. 3, A, B et C. — Pour le champignon des Châtaignes, la forme à asques a été obtenue pour la première fois par Peyronel (1919) dans des cultures sur milieu artificiel ; mais cet auteur relie son champignon, au moins provisoirement, au *Sclerotinia pseudotuberosa* Rehm, dont les apothécies ont été trouvées plusieurs fois, dans la nature, sur glands de chêne tombés, d'abord en Allemagne, puis en France, en Angleterre, etc. Sur les glands on trouve une forme microconidienne analogue au *Rhacodiella*. On peut admettre également cette identité.

Les apothécies à partir de Châtaignes n'avaient plus été obtenues ; elles se sont formées en abondance cet été, dans des cultures sur gélose à la farine d'avoine, effectuées en décembre 1934, ce qui nous a permis de les étudier en détail.

Nos observations concordent parfaitement avec celles de Peyronel, mais nous avons, de plus, relié la formation de microconidies aux ascospores germées.

Les apothécies se sont développées en cultures pendant la seconde partie de l'été, au fur et à mesure que le milieu se desséchait : en effet, le plus grand nombre étaient constituées sur la face de la gélose primitivement accolée au verre et qui s'en était détachée, par contraction, à la suite de la dessiccation partielle; cependant, il en existait aussi sur l'autre face (fig. 3 A).

Ces apothécies sont primitivement jaunâtre-clair; elles brunissent rapidement à partir de la base du pédicelle, puis sur la surface hyméniale; finalement, elles sont d'un brun-terne assez foncé, après dessiccation complète.

La coupe apothéciale proprement dite a la forme indiquée à la figure 3 A; d'abord constituée d'un simple renflement creusé au sommet, puis en forme de large entonnoir presque conique; finalement, les bords peuvent être étalés ou recourbés en dehors et plus ou moins ondulés : l'apothécie mesurait jusqu'à 5 millimètres de large environ. Le pédicelle avait dans nos cultures une disposition qui devait être en rapport avec les conditions de milieu; il était très long, plus ou moins recourbé en boucles à la base, faute sans doute de pouvoir s'étendre librement; on trouvait souvent à la base du pédicelle un petit renflement (rudiment de sclérote ?), couvert de poils.

L'ouverture de l'apothécie arrivait à peu près au contact de la paroi du tube de culture, et les ascospores avaient été projetées contre le verre en un nuage blanc-jaunâtre dense; les ascospores avaient germé sur cette paroi de verre et donné des conidiophores qui ont été dessinés (fig. 3 E, F).

Les ascospores sont incolores, ellipsoïdes ou plutôt en fuseau très largement renflé, un peu asymétriques; elles mesurent environ $11 \times 5\ \mu$.

Comme il a été indiqué, on n'a pas observé la formation directe de microconidies à leur surface (quoique le fait soit possible); mais elles forment rapidement un tube germinatif qui se ramifie. Ce dernier donne des microconidies sur sa surface propre ou sur des stérigmates plus ou moins différenciés.

Sur gland de chêne le champignon a été observé en France, redécrit et figuré soigneusement par Boudier (*Icon. Myc.*, p. 278, pl. 480) qui, cependant, ne parle pas de la forme conidienne. D'après cet auteur, le champignon est assez fréquent aux environs de Paris et de Blois dans les terrains sablonneux. Les apothécies assez grandes, se montrent à l'automne; elles ont 5 à 20 millimètres de large et sont de couleur fauve-brunâtre avec un pédicule noirâtre à la base. Elles naissent sur les cotylédons de l'embryon du gland aux dépens desquels elles se développent après que le mycélium les a tués, et y a formé son stroma noir. Les ascospores sont ovoïdes-oblongues, incolores, sans granulations internes (c'est-à-dire sans globules de matières de réserve) excepté au moment de la germination : ces spores mesurent 8 à $12 \times 3\ 1/2 - 6\ \mu$. Boudier a figuré le début de la germination des ascospores qui se fait en produisant un filament mycélien, stérile au début, comme dans la figure 3 D représentée ici.

Espèces voisines.

Sur Châtaigne, on trouve deux autres Discomycètes d'aspect analogue :

1° *Helotium fructigenum* Bull. (= *Phialea fructigena* [Bull.] Gill.). Ce champignon ne se sépare guère des *Sclerotinia* que par l'absence de sclérote ou de stroma ; mais il se distingue du *Sclerotinia pseudo-tuberosa* par ses ascospores beaucoup plus étroites allongées, en forme de massue.

L'*H. fructigenum* est très commun en toutes saisons sur les glands de chêne tombés sur un sol humide ; il se développe non seulement sur le gland lui-même, mais encore sur la cupule. On l'a signalé aussi sur Faînes (fruit du Hêtre : *Fagus sylvatica*) et sur Châtaigne, c'est-à-dire sur les diverses Cupulifères Fagacées.

2° *Phialea echinophila* (Bull.) Quélet. (syn. *Sclerotinia* ou *Ciboria echinophila*). Ce champignon se développe à l'automne sur la face interne des cupules (hérissons ou « bogues » du Châtaignier) ; il se distingue facilement du *Scl. pseudotuberosa* par ses ascospores qui sont un peu plus étroites et courbées. Ces ascospores germent aussi en donnant des microconidies sessiles ou portées par un court pédicelle. La face externe des apothécies possède des filaments bruns pourvus à leur surface de granulations saillantes, un peu comme le mycelium du *Scl. pseudo-tuberosa* (voir Boudier, *Ic. Myc.*, pl. 481).

3° *Espèces diverses :* sur les feuilles, les rameaux ou les cupules :

On a signalé (Oudemans : *Enum. Sys. Fung.*, vol. 2, p. 657), divers Ascomycètes appartenant à des genres voisins, tels que :

Helotium epiphyllum (P.) Fr. (feuilles) ;
Phialea phyllophila (Desm.) Gill. (feuilles) ;
Sclerotinia candolleana (Lév.) Fuck. (feuilles) ;
Sclerotinia hirtella Boud. (feuilles et ram.) ;
Ciboria americana Durand.

4° Rehm (*Hyst. und Disc.* p. 810) indique aussi une espèce mal connue : le *Sclerotinia juglandis* (Preuss.) Rehm sur les cotylédons de noix, en Allemagne.

Procédés de traitements préventifs et curatifs.

Peglion (1906) a proposé de désinfecter les magasins et les Châtaignes par l'acide sulfureux. Mangin (1918) a essayé le sulfure de carbone, le naphtol et l'anhydride sulfureux ; seul, ce dernier a donné des résultats ; l'auteur indique un mode d'emploi par l'utilisation de mèches soufrées, mais les essais de Peyronel (1919) ont montré que ce procédé n'est pas suffisant pour tuer le mycélium situé à l'intérieur des Châtaignes. Peyronel (1919) a essayé l'acide carbonique (CO^2) ; ce gaz arrête momentanément le développement du champignon qui étant un organisme aérobie obligatoire a besoin d'oxygène libre, mais le parasite n'est pas

tué et il reprend son activité lorsque l'air arrive à nouveau à son contact. On pourrait seulement se servir de ce procédé pour ralentir les dégâts dans les magasins pendant la période hivernale de conservation des châtaignes fraîches. De même, VOGLINO (1932), a constaté que les produits désinfectants utilisés jusqu'ici n'ont pas donné de bons résultats aux doses utilisables dans la pratique.

D'après PEYRONEL (1919), dans la province du Lazio (Italie), on immerge les Châtaignes fraîches et saines dans l'eau pendant plusieurs jours, puis on les laisse se ressuyer et on les étend sur le sol en couches minces, dans un local frais, mais aéré. On mettrait ainsi les Châtaignes à l'abri du Nérume et d'autres altérations pendant toute la conservation hivernale; l'action de ce traitement s'expliquerait peut-être par une asphyxie du champignon (et éventuellement des insectes) par immersion.

D'après MANGIN (1918) un procédé analogue est utilisé dans la région de Mercœur (Corrèze) : on immerge les Châtaignes, on enlève celles qui flottent, le reste est laissé pendant huit jours au fond de l'eau, puis on fait sécher au soleil.

On voit donc qu'en France et en Italie les Châtaignes infectées (au moins les plus altérées) sont séparées grâce à leur faible densité qui leur permet de flotter sur l'eau; mais, comme le fait observer du reste MANGIN, cette propriété ne doit exister que pour les Châtaignes très fortement altérées, qui sont assez rares dans les fruits vendus sur les marchés, et qui, par suite, ne constituent pas la forme la plus désagréable de la pourriture noire pour le consommateur français.

Dans la mesure où nos observations sur l'époque d'infection peuvent être généralisées, on peut penser *que le meilleur moyen d'éviter l'altération consiste à recueillir les châtaignes au fur et à mesure de leur chute normale* et à les conserver ensuite dans un endroit froid et relativement sec.

Il convient d'utiliser les meilleurs modes de conservation indiqués par divers auteurs (CAMPAN, 1926).

II. ALTÉRATIONS DIVERSES DE LA CHÂTAIGNE.

Le Nérume dû au *Rhacodiella Castaneae* ou *Sclerotinia pseudotuberosa* est l'altération la plus commune des Châtaignes vendues en France, mais il existe un certain nombre d'altérations variées que l'on rencontre parfois et qui seront examinées sommairement ici, en dehors des Discomycètes signalés plus haut.

1° Phoma endogena Speg.

D'après VOGLINO (1932), ce champignon est assez commun dans les Châtaignes italiennes; nous n'avons pas fait une étude détaillée de cet organisme; cependant, en décembre 1934, les fruits altérés étudiés ont donné ce *Phoma* dans la proportion de plus de 50 p. 100, mais dans les autres cas, c'est le *Sclerotinia* qui dominait de beaucoup.

BIFFEN (1902) signale qu'en compagnie de l'*Acrospeiria mirabilis* il a trouvé

dans des Châtaignes importées d'Espagne en Angleterre, divers champignons en particulier le *Phoma eriophorum* Berk. et Broome.

2° Genre Melanospora.

(Formes conidiennes, microconidiennes, bulbilles, chlamydospores, fig. 10.)

Les Pyrénomycètes du genre *Melanospora* sont placés en général dans les Hypocréacées; certains cependant les rapprochent des Sordariées (Sphériacées). En dehors des périthèces, bien connus, ces champignons peuvent présenter des formes

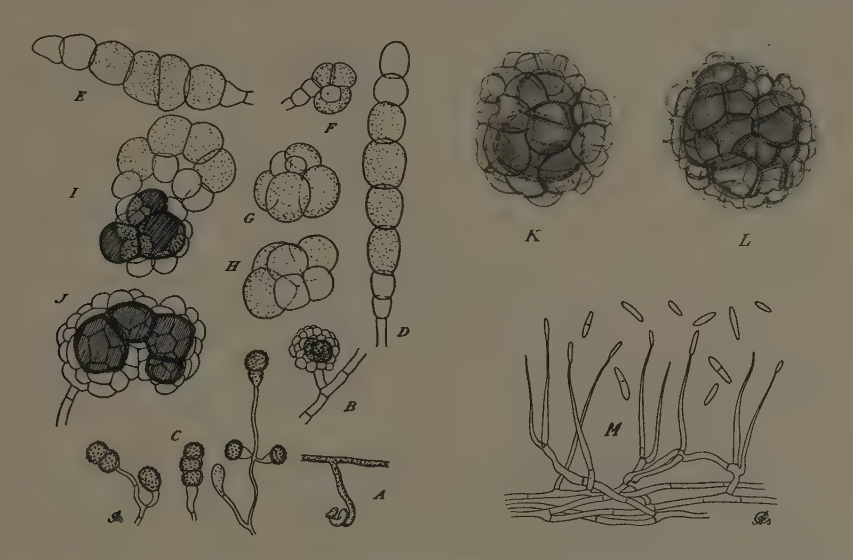


Fig. 10. — *Papulospora (Melanospora?) sepedonioides* Preuss? (A à L) et *Cephalosporium*[1] sp. (M) en compagnie de *Botrytis vulgaris* sur Oignon (*Allium Cepa*) pourrissant, Montpellier, en décembre 1910. — A. et B : ébauches de périthèces, avec ascogone? enroulé en hélice (forme *Helicosporangium*). — C : Chlamydospores normales. — D à J : transformation en chlamydospores des ébauches de périthèces à des stades divers. — K et L : stade plus avancé (glomérules du type *Papulospora*). — M : Conidiophores et Conidies du *Cephalosporium*.

secondaires dont la classification est très embrouillée, les rapports de ces formes entre elles et avec les périthèces ayant été longtemps méconnus. De plus, les noms qui leur ont été donnés portent souvent sur deux ou plusieurs formes secondaires, mais pas toujours sur les mêmes, d'où certains noms à signification hybride comme *Papulospora aspergilliformis* (le nom générique se rapportant aux bulbilles et le nom spécifique aux microconidies, les deux formes n'ayant *morphologiquement* rien de commun).

[1] Comme pour beaucoup d'Hyphomycètes les différences indiquées entre *Verticillium*, *Cephalosporium*, *Acremonium*, *Hyalopus*, etc., ne reposent souvent que sur une observation incomplète des caractères.

Plusieurs auteurs ont soupçonné les rapports des formes secondaires avec les périthèces : BIFFEN (1902) a décrit et figuré une forme périthèce accompagnant l'*Acrospeira mirabilis* (voir plus loin) et des stades *Helicosporangium* et *Papulospora;* mais sans les étudier au point de vue systématique, quoique les perithèces soient évidemment ceux d'un *Melanospora.* C'est BAINIER (1906) qui a établi d'une façon définitive les rapports des différents stades pour le *Melanospora acremonioides* VUILLEMIN. (syn. *Ceratostoma* sp. BAINIER). Il est vraisemblable que d'autres *Melanospora* présentent des cas analogues et l'attribution des formes secondaires que l'on peut rencontrer ne peut pas être sûre si l'on n'obtient pas les périthèces en cultures pures.

Ces *Melanospora* peuvent présenter : des périthèces, des microconidies et des productions assez spéciales résultant de la transformation en organes de conservation ou chlamydospores, des périthèces jeunes à des stades divers de développement : on peut ainsi trouver (voir BIFFEN 1902, etc.) :

1° PÉRITHÈCES NORMAUX;

2° BULBILLES GLOBULEUX, d'un brun-rougeâtre, formés de plusieurs cellules dont les internes sont plus grandes, plus colorées (fig. 10, I, J, K, L); disposition qui, à la couleur près, rappelle celle des *Urocystis* (Ustilaginées); ces bulbilles peuvent être considérés comme de jeunes périthèces arrêtés dans leur développement et dont plusieurs cellules accolées ont formé un glomérule de chlamydospores; ils correspondent au type caractérisant le genre *Papulospora* (*sens étroit*) : exemple : *Papulospora sepedonioides* PREUSS, signalé dans les Châtaignes (OUD. *En. Syst. Fung.*);

3° BULBILLES EN SPIRALES, représentant probablement aussi des périthèces avortés, mais arrêtés à un stade plus jeune (fig. 10, E, F, G, H). On trouve souvent des filaments incolores, étroitement enroulés en spirale serrée, et qui paraissent bien correspondre aux filaments formateurs de périthèces (ascogones, fig. A, B ?). Mais on rencontre aussi tous les intermédiaires de forme et de couleur entre ces «ascogones» et des filaments plus ou moins enroulés en spirale, parfois seulement courbés, et dont les cellules plus ou moins renflées, c'est-à-dire tendant vers la forme globuleuse, ont une paroi plus ou moins colorée et plus ou moins épaissie. Ils représentent des «ascogones» plus ou moins rudimentaires et où la transformation en organes de conservation ou chlamydospores est plus ou moins accentuée.

Les formes en spirales incolores, serrées, correspondent au type de l'*Helicosporangium parasiticum;* les autres représentent des transitions variées vers le stade des bulbilles globuleux;

4° CHLAMYDOSPORES unicellulaires (simulant plus ou moins des macroconidies) ou formées d'un petit nombre de cellules colorées, à paroi plus épaisse et granuleuse et à dimensions plus grandes que les microconidies. C'est le cas par exemple du *Monosporium acremonioides* HARZ. (le nom spécifique se rapportant encore ici aux microconidies), des *Sepedonium* (fig. 10 C), des *Mycogone*, etc.).

Dans certains cas, la cellule principale de la chlamydospore peut être accom-

pagnée de cellules annexes plus claires, formant un ensemble spiralé, ce qui paraît constituer une transition vers les types précédents (voir plus loin le genre *Acrospeira*).

5° Microconidies très semblables à celles des *Sclerotinia* et portées sur des supports également variables. Il s'agit de conidies globuleuses, petites, incolores, disposées en courtes chaînes (et présentant souvent un globule réfringent ?); elles sont produites le plus souvent par des stérigmates en forme de bouteilles, lesquels peuvent être insérés isolément sur le mycélium ou groupés à la surface de renflements globuleux terminant les rameaux ordinaires des conidiophores. C'est ce qui se passe dans la forme microconidienne du *Papulospora aspergilliformis* (voir Bainier, 1906); du *Monosporium acremonioides* et probablement aussi chez la forme microconidienne qui accompagne les chlamydospores d'*Acrospeira mirabilis* dans le dessin de Mangin et Vincens (1920, sub. nom. *Spirospora Castaneae*).

D'autres noms de genres plus ou moins précis ont été appliqués aux formations ci-dessus ou à certaines d'entre elles, tels : *Harzia* Costantin, *Baryeidamia* Karsten (*B. parasitica* Karst.), etc.

Plusieurs de ces organes ont été signalés par Mattirolo (1886) dans son étude sur deux *Melanospora* des Châtaignes (*M. stysanophora* et *M. gibelliana*); mais on les a rencontrés aussi sur des plantes variées. On peut se demander du reste si ces divers *Melanospora* et leurs formes secondaires ne vivent pas en parasites sur d'autres moisissures, de même que les *Mycogone* vivent sur les Agaricinées (Champignon de couche, etc.), les *Sepedonium* sur les Bolets et les *Stephanoma* sur les Pezizes.

Un autre type voisin des précédents et qui se relie aussi à un *Melanospora* comme il a été dit précédemment, est constitué par des chlamydospores différenciées dont on a fait l'*Acrospeira mirabilis* B. et Br. (Syn. *Polycystis italica* Sacc. et Speg., *Urocystis? italica* (S. et S.,) de Toni, *Stephanoma italicum* (S. et S.) Sacc. et Trav. *Spirospora Castaneae* Mangin et Vincens), et dont nous devons l'établissement de la synonymie exacte à Peyronel (1921); ce champignon a été signalé pour la première fois en Angleterre, par Berkeley et Broome, sur des Châtaignes venues d'Espagne. Depuis, il a été observé dans divers pays (Argentine, Italie, Slavonie) sur les mêmes fruits et dans les glands de Chêne. En France, il a été étudié par Mangin et Vincens (1920) sur Châtaignes altérées dont la chair était jaune et à la surface desquelles ces chlamydospores formaient une poussière brun-chocolat. Il y avait aussi une forme conidienne déjà signalée à petites conidies hyalines, en chapelets, analogues aux microconidies des *Sclerotinia* et des *Melanospora*. Biffen (1902) a signalé, on l'a vu, la forme ascophore qui est aussi un *Melanospora*. D'après Peyronel (1921) le champignon est très commun en Italie; il paraît en être de même en Espagne, puisque Berkeley et Biffen l'ont trouvé à des époques éloignées sur Châtaignes reçues de ce pays.

Le genre *Acrospeira*, en tant qu'Hyphomycète est évidemment à ranger au voisinage de ces formes chlamydospores différenciées qui se relient vraisemblablement à des Hypocréacées, telles que *Mycogone, Sepedonium, Stephanoma*.

3° Moisissures diverses.

Les Châtaignes conservées à l'état frais peuvent être envahies par les moisissures banales qui attaquent les matières organiques placées dans un milieu très humide; c'est le cas du *Penicillium glaucum,* des *Aspergillus,* des *Mucor,* etc. (Peglion, 1906, Bertotti, 1929, Voglino, 1932).

RÉSUMÉ.

La Pourriture noire ou Nérume des Châtaignes est commune dans les fruits vendus en France; elle est due au *Rhacodiella Castaneae* Peyr. Comme l'avait déjà indiqué Peyronel la forme parfaite peut se développer dans les cultures sur milieu artificiel; les auteurs l'ont obtenue sur gélose à la farine d'avoine à la fin de l'été 1935 pour des cultures faites en décembre 1934. D'après Peyronel cette forme parfaite est très voisine ou identique au *Sclerotinia pseudo-tuberosa* Rehm des glands de Chêne; la germination des ascospores donne au bout de peu de temps la forme *Rhacodiella* sur le mycélium qui en dérive. Le *Rhacodiella Castaneae* présente une grande variabilité dans les conidiophores; il correspond à la forme microconidienne des autres *Sclerotinia;* aucun stade macroconidien ne s'est formé en cultures ou sur les fruits.

Le genre *Rhacodiella* est peu distinct du genre *Endoconidium* Prillieux et Delacroix et des autres formes microconidiennes des *Sclerotinia.*

Morphologiquement ces divers champignons présentent aussi des analogies frappantes avec les formes microconidiennes d'espèces appartenant à des groupes très éloignés les uns des autres (*Sordaria, Chaetomium, Ophiobolus,* etc.) dont les microconidies ont été considérées à tort comme endogènes (conidies pseudo-endogènes).

Comme mesures de précaution on peut conseiller le ramassage hâtif au fur et à mesure de la chute des fruits et la conservation dans un local froid.

BIBLIOGRAPHIE.

Pour la bibliographie mycologique voir des compléments dans la note Arnaud et Barthelet 1936 [a].

1853. Tulasne (L. R.). — Nouvelles recherches sur l'appareil reproducteur des champignons. (*Ann. Sci. Nat. Bot. ser.* III, t. XX, 1853, p. 129-182, pl. XV-XVI.) Microconidies de *Sclerotinia* et *Ciboria* (sub. nom. *Peziza*).

1865. Tulasne (L. R. et Ch.). — *Selecta fungorum carpologia,* III, p. 198-203, pl. XXII, Paris, 1865. (Microconidies de *Sclerotinia.*)

1886. MATTIROLO (O.). — Sullo sviluppo di due nuovi Hypocreacei e sulle sporebulbilli degli Ascomyceti. (*Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, VIII, 1886, p. 121-154, pl. VIII-IX.) *Melanospora* et bulbilles, *Sepedonium.*

1888. WORONIN (M.). — Ueber der Sclerotienkrankheit der Vaccinien-beeren (*Memoires Acad. Imp. Sciences St. Petersbourg*, VIIIe ser., t. XXXVI, 1888, 49 p., 10 pl.) Voir aussi : loc. cit., 1895 (t. II), 27 p., 5 pl., et 1900 (t. X), 38 p., 6 pl. — Microconidies des *Sclerotinia.*

1891-1892. PRILLIEUX (ED.) et DELACROIX (G.). — Endoconidium temulentum, champignon donnant au seigle des propriétés vénéneuses. (*Bull. Soc. Myc. Fr.*, VII, 1891, p. 116, fig. 1.) Voir aussi loc. cit., 1892, p. 22-23.

1896. REHM (H.). — Ascomyceten : Hysteriaceen und Discomyceten. (RABENHORST *Krypt. Fl. zw. aufl.*, III, 1896, p. 809 et fig.) — *Sclerotinia pseudotuberosa* sur gland de chêne.

1897. PRILLIEUX (ED.). — Maladies des plantes agricoles, II, 1897, p. 439 et 453-459, fig. 460-464. Microconidies des *Sclerotinia* (sub. nom. *Stromatinia*) et *Endoconidium.*

1902. BIFFEN (R. H.). — On some facts in the life history of Acrospeira mirabilis. (*Trans. British Myc. Soc.*, II, 1902, p. 17-25, pl. II.) *Acrospeira mirabilis*, sa forme périthèce et stades *Helicosporangium* et *Papulospora.*

1905. BOUDIER (E.). — Icones Mycologicae, Paris, 1905-1910. — *Stromatinia tuberosa* (p. 248, pl. 480). *Phialea echinophila* (p. 280, pl. 481). *Helotium herbarum* (p. 290, pl. 497). *Helotium fructigenum* (*Phialea fructigena*) p. 284, pl. 487.

1905. PEGLION (V.). — Alterazione delle Castagni, cagionate da Penicillium glaucum. (*R. C. Accad. Lincei*, Roma, 2^e^ sem., p. 45-48, 1905.)

1906. PEGLION (V.). — Il nerume della Castagne (*L'Italia agricola*, XLIII, 1906, p. 101-103.)

1908. BAINIER (G.). — Harziella Castaneae sp. nov. et Stachylidium bicolor. (*Bull. Soc. Myc. Fr.*, XXIV, 1908, p. 88-91, pl. IX.) *Rhacodiella Castaneae.*

1914. BUBAK (F.). — Ein Beitrag zür Pilzflora von Tirol und Istrien. (*Ann. Myc.*, XII, 1914, p. 205.) *Cystodendron dryophilum.*

1916. PEYRONEL (B.). — Sul nerume o marciume nero delle Castagne. (*R. C. Accad. Lincei.*, Ser. V, vol. XXV, 1916, p. 459-461.)

1917. MANGIN (L.). — MARCILLAC (M. DE). — Sur l'utilisation de la châtaigne. (*C. R. Acad. Agric. Fr.*, III, 1917, p. 946-947.) Pourriture noire.

1917. VOGLINO (P.) et BONGINI (V.). — Sulla Phoma endogena parasita delle Castagne. (*Ann. R. Accad. Agricolt. Torino*, LX, 1917, 12 p., 1 pl., 3 fig.).

1918. MANGIN (L.). — La pourriture des châtaignes. (*C. R. Acad. Agric. Fr.*, IV, 1918 p. 885.)

1919. PEYRONEL (B.). — Sul nerume o marciume nero delle Castagne (*Le Stazioni sper. agrar. ital.*, LII, 1919, p. 21-41, pl. I-IV). *Rhacodiella Castaneæ.*

1920. DUVERNOY (A.) et MAIRE (R.). — Une nouvelle Dematiée à conidies pseudo-endogènes. (*Bull. Soc. Myc. Fr.*, XXXVI, 1920, p. 1, fig.). *Endophragmia mirabilis.*

1920. MANGIN (L.) et VINCENS (F.). — Sur un nouveau genre d'Adelomycètes, le Spirospora Castaneae. (*Bull. Soc. Myc. Fr.*, XXXVI, 1920, p. 89-97, 7 fig.) *Acrospeira mirabilis.*

1920. PEYRONEL (B.). — La forma ascofora della Rhacodiella Castaneae agente del Nerume delle Castagne. (*R. C. Accad. Lincei*, ser. V, vol. XXIX, 1920, p. 324-327.) *Sclerotinia pseudo-tuberosa.*

1921. Peyronel (B.). — Sur l'identité du Spirospora Castaneae et du Stephanoma italicum avec l'Acrospeira mirabilis. (*Bull. Soc. Myc. Fr.*, XXXVII, 1921, p. 56-61.)

1924. Siemaszko (W.). — The leaf blight Monilia foliicola in the light of biological observations and investigations. (*Acta Soc. Bot. Poloniae,* II. 18 p., 1 pl., 1924.) *Pol. resumé angl. a. R. A. M.*, III, p. 690.

1926. Campan (M.). — Récolte, conservation et préparation de la Châtaigne pour l'expédition et la vente. (*Ier Congrès national de la Châtaigne,* Brive 1924. *Mémoires et comptes rendus,* Paris, 1926, p. 136-140, fig. 59-60.)

1926. Feytaud (Dr J.). — Les insectes du Châtaignier. (*Ier Congrès national de la Châtaigne,* Brive 1924. *Mémoires et comptes rendus,* Paris 1926, p. 81-88, fig. 39-44.)

1927. Zimmermann (A.). — Sammelreferate über die Beziehung zwischen Parasit und Wirtspflanze n° 3. Sclerotinia, Monilia und Botrytis. (*Centralbl. f. Bakt.* zw. abt., LXIX, p. 352-425; LXX, p. 51-86, 261-313, 411-436, 22 fig., 1927.)

1929. Bertotti (F.). — Contribuzione allo studio della muffe delle Castagne. (*La Difesa della Piante,* VI, 1929, p. 6-8.) *Penicillium crustaceum* et *Mucor.*

1929. Ino (I.). — Microconidia in genus Sclerotinia with special reference to the conidial forms in the genus. (*Bull. Miyazaki College of Agric. and Forestry,* Japon, n° 1, 1929, p. 67-90.) Jap. res. Angl.

1931. Voglino (P.). — Il nerume delle Castagne. (*La Difesa delle Piante,* VI, 1931, p. 1-4.) *Rhacodiella Castaneae.*

1932. Dodge (B.-O.). — The non sexual and the sexual functions of microconidia of *Neurospora.* (*Contr. New-York bot. gard.* 334, p. 348-360, 1 fig., pl. 23-24, New-York, 1932.)

1932. Voglino (P.). — Note sulla esportazione delle Castagne. (*La Difesa della Piante,* IX 1932, p. 1-5.) *Rhacodiella Castaneae, Phoma endogena* et moisissures diverses.

1934. Drayton (F.-L.). — Sclerotinia Gladioli. (*Mycologia* XXVI, 1934, p. 46-72, 4 fig., pl. V-VII.) Rôle des microconidies dans la reproduction sexuée.

1934. Drechsler (Ch.). — Phytopathological and taxonomic aspects of Ophiobolus... (*Phytopath.* XXIV, 1934, p. 955-983, 3 fig.). — Microconidies d'*Ophiobolus* sp., p. 970, fig. 3.)

1935. Servazzi (O.). — Ricerche sulla preservazione della muffa delle Castagne... (*La Difesa delle Piante* XII, déc. 1935, p. 191-203). Ce travail important, fait en Italie, et reçu pendant l'impression, concerne l'action de l'eau chaude et de divers antiseptiques sur les parasites variés des châtaignes, entre autres : le *Sclerotinia pseudotuberosa,* le *Phoma endogena,* etc. Il ne semble pas en résulter cependant l'indication d'un traitement curatif; quelques produits semblent avoir eu une certaine action préventive.

1936 a. Arnaud (G.) et Barthelet (J.). — Les microconidies des Sclerotinia. (*Bull. Soc. Myc. Fr.,* LII, 1936, fig. 8.)

1936 b. Arnaud (G.) et Barthelet (J.). — La «pourriture noire» des Châtaignes ou «Nérume» (*C. R. Acad. Agric. Fr.,* XXII, séance du 15 janv. 1936, p. 48-51).

MÉTHODES STATISTIQUES
APPLIQUÉES À LA PATHOLOGIE VÉGÉTALE

par J. Dufrenoy.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION [1].

L'excuse la plus banale des expérimentateurs qui n'emploient pas la méthode statistique pour interpréter leurs résultats est qu'« en Agronomie le nombre des observations est rarement, ou même, n'est jamais assez grand pour permettre à la loi du hasard de jouer ».

Cette conception est erronée, car les lois du hasard, telles que nous les connaissons, jouent pleinement toutes les fois que, d'une population, nous tirons, sans

[1] Nous désirons exprimer ici tous nos remerciements à M. Vezian pour l'aide précieuse qu'il n'a cessé de nous apporter.

choix défini, un individu à titre d'échantillon. Les méthodes dont nous allons rappeler les principes permettent d'interpréter les résultats de l'étude de quelques individus (aussi bien que toute méthode de calcul des probabilités, appliquée à l'étude des très grands nombres) *sous la réserve que ces individus soient distribués normalement.*

I. LES PROBLÈMES DE DISTRIBUTION.

Les plantes malades d'un lot, ou de façon plus générale, les cas pathologiques *de même nature,* doivent être soumis à l'étude statistique, être ordonnés suivant une méthode de classification arbitraire mais judicieusement choisie : c'est-à-dire qu'ils doivent être répartis par classes de fréquence.

Cette répartition par classes forme une distribution observée.

Nous pouvons nous efforcer d'ajuster, à cette distribution observée, une distribution théorique.

Nous nous efforcerons d'abord de lui ajuster une distribution théorique continue, de la forme de celle que représente la courbe normale des erreurs ou celle des séries de Poisson. Le critérium de χ^2 nous permettra de juger de la légitimité de l'ajustement de la distribution observée à telle ou telle distribution théorique imaginée.

Dans nos efforts d'ajustement, les discontinuités ou les irrégularités de la distribution observée mériteront de retenir spécialement notre attention; ce sont elles qui pourront nous permettre d'analyser la distribution observée en plusieurs distributions théoriques, et par exemple de mettre en évidence les résultats d'une ségrégation mendélienne dans une population d'hybrides. Ainsi des essais judicieux d'ajustement, de distribution théorique continue à une distribution observée discontinue, permettront de faire l'ajustement à une distribution théorique discontinue, c'est-à-dire de faire l'analyse génotypique d'une population.

1. Forme de la distribution.

§ 1. Distribution par classes de fréquence : histogrammes.

En pratique, lorsque nous avons recueilli une série de nombreuses observations relatives à un phénomène, notre premier soin doit être de dresser l'étendue de la variabilité (dont les termes extrêmes sont représentés par le minimum et par le maximum d'intensité du phénomène observé), en une série de n «classes».

Nous remplacerons alors la série de nos observations par une série de n groupes d'observations, en affectant à une même classe toutes les valeurs comprises entre les limites de cette classe.

Nous introduisons ici, arbitrairement, dans l'apparente continuité que simulaient les transitions insensibles des valeurs correspondant aux diverses observations, une *discontinuité.*

Cette discontinuité peut se représenter graphiquement par l'ensemble des ordonnées proportionnelles chacune à la fréquence Y_k des variantes dans la classe X_k correspondante.

Mais plutôt que de considérer la fréquence comme représentée arbitrairement par une droite d'ordonnées Y_k il est plus logique de considérer la fréquence de chaque classe X_k comme une *surface.*

L'histogramme que constitue la suite des rectangles tels que celui de la fig. 1 représente, par sa surface totale, la somme des pourcentages de manifestations de chaque intensité du phénomène étudié.

Théoriquement, si nous pouvions étudier toutes les possibilités de manifestation, cette somme des probabilités deviendrait égale à la certitude, c'est-à-dire à 1.

Mais cette certitude ne serait acquise que par l'étude de tous les cas possibles, c'est-à-dire par l'étude d'une population infinie.

L'histogramme que nous obtenons représente la distribution des probabilités par classe, c'est-à-dire celle des fréquences dans la population que nous avons réellement étudiée; cette population peut être considérée comme représentant, pour chaque classe, un lot ou échantillon tiré au hasard d'une population infinie. De *l'histogramme* que nous pouvons construire, et dont la limite dessine un polygone de fréquence, nous pouvons induire la courbe de fréquence qui représente idéalement la distribution des individus infiniment nombreux de la population dont nous imaginons l'existence, comme source des échantillons que nous étudions. Pour imaginer cette courbe, il nous suffit de supposer que nous étudions un nombre infiniment grand de classes d'étendue abscissiale x infiniment petite.

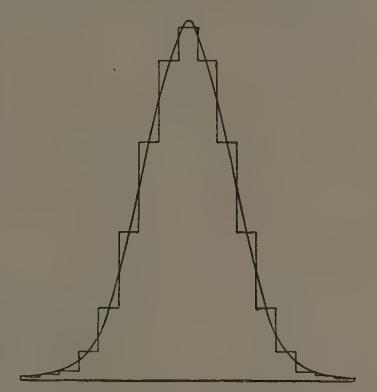


Fig. 1. — Coupe normale ajustée sur histogramme représentant graphiquement l'expansion du binôme $(1/2, + 1/2)^n$ pour $n = 20$ d'après Babcock et Clausen, p. 173. (Mc Graw Hill 1927).

C'est-à-dire qu'après avoir, pour construire notre histogramme, substitué à l'apparente continuité de la distribution de nos observations, la discontinuité arbitraire du classement grossier par classes, correspondant à des paliers de x, nous substituons, à cette discontinuité, en polissant les rugosités de l'escalier que constitue la succession des paliers, la rampe ou la continuité idéale d'une distribution théorique.

Mais, tandis que la première distribution observée n'avait que la valeur d'un fait isolé, la distribution idéale que nous imaginons pour la représenter a une valeur de généralité : si nous croyons qu'il existe dans l'Univers un certain ordre tel que, pour la manifestation d'un phénomène quelconque, il existe un certain caractère «moyen» d'intensité, qui est le plus probable, et que les intensités inférieures ou supérieures de manifestation sont d'autant moins probables que

leur intensité diffère davantage en plus ou en moins de ce caractère moyen, le plus fréquemment observé.

§ 2. Interprétation génétique d'un histogramme.

Le *Neurospora sitophila,* moisissure rouge du pain, forme des asques à 8 ascospores uninucléées de 23 × 12,5 μ en moyenne. Dans le même genre, l'espèce *N. tetrasperma* forme des asques à 4 ascospores volumineuses, de 31,5 μ.

Le croisement *sitophila* × *tetrasperma* a founi à Dodge un hybride formant des ascospores du type *sitophila*. Le recroisement (*sit.* × *tet.*) × *tetrasperma* lui a permis d'obtenir 37 ascospores dont la longueur variait entre 18 et 30 μ; leur répartition par classes de 18-19 μ, 19-20 μ,... 29-30 μ, est figurée par l'histogramme (fig. 2).

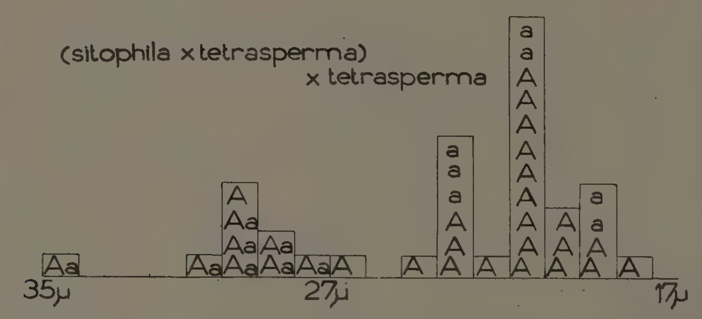


Fig. 2. — Histogramme de la distribution des ascospores de *Neurospora* par classes de fréquences de longueur et par constitution génotypique.

Mise à germer isolément, toute ascospore plus longue que 27 μ (sauf une) donne une moisissure capable, comme *N. tetrasperma,* de former des organes reproducteurs; chacune est donc bisexuée et de constitution génétique (A *a*), où A désigne le facteur d'un sexe, *a* celui de l'autre sexe.

Chaque ascospore moins longue que 27 μ mise isolément à germer en culture pure donne une moisissure incapable de former des organes reproducteurs : chacune ne contient que le facteur d'un sexe (A) *ou* (*a*).

La simple distribution par classes de longueur permet donc de distinguer dans la population des ascospores de l'hybride [(*sit.* × *tet.*) × *tet.*] les 2 groupes génotypiques bien distincts : (A *a*) et (A) ou (*a*).

La différence entre les moyennes $\bar{x}_{Aa}$ et $\bar{x}_A$ ou $\bar{x}_a$ correspond à une différence génotypique, héréditaire. La dispersion des dimensions x_{Aa} autour de la moyenne $\bar{x}_{Aa}$ est la manifestation de fluctuations, non héréditaires. La représentation, graphique ou statistique, d'une distribution n'est pas un but, mais un moyen de déceler des différences entre groupes qu'un critérium génétique ou biochimique judicieusement choisi doit alors caractériser.

§ 3. Interprétation biochimique d'un histogramme.

Statistiquement, les résultats numériques publiés par Virtanen et rapportés par Kluyver montrent que 12 races différentes (1, 4,... 24, 28) de Bacilles de la fermentation propionique, cultivées dans un extrait de levures additionné de lactate de soude, en anaérobiose stricte à 30°, diffèrent sensiblement quant aux quantités d'acide lactique détruit (figuré en rectangle noir sur le graphique).

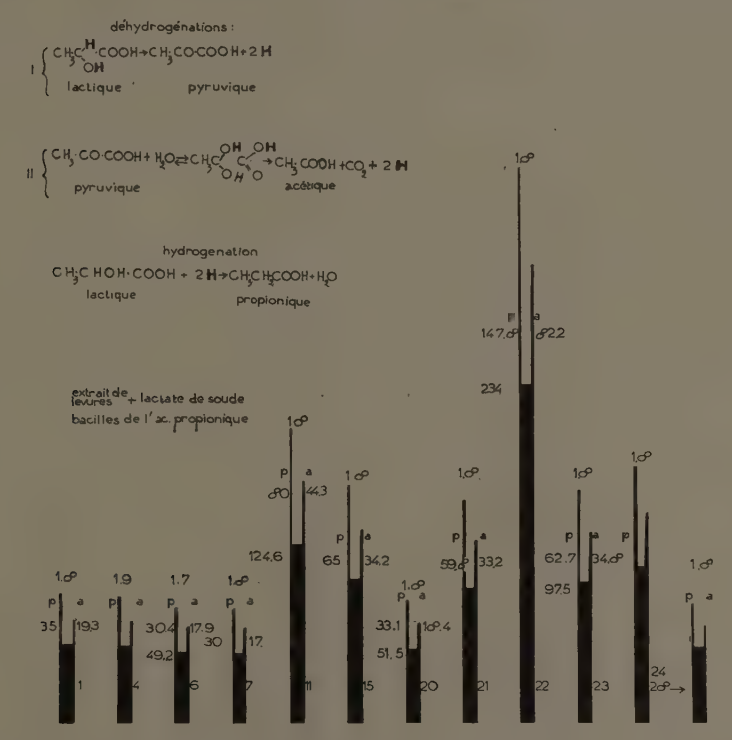


Fig. 3. — Population de bacilles de la fermentation propionique cultivés en extrait de levures additionné de lactate de soude (Kluyver).

Hétérogénéité quant à la quantité, en millimolécules, d'acide lactique détruit par fermentation (rectangles noirs).

Homogénéité quant à la proportion d'acide propionique (*p*) et acétique formés (*a*).

Par contre, ces 12 races différentes ont en commun cette caractéristique biochimique de former 1,8 fois plus d'acide propionique que d'acide acétique aux dépens de l'acide lactique fermenté (à l'exception des races 4 et 6 qui donnent comme rapports 1,9 et 1,7). [Ce rapport 1,8 est voisin du (quoique constamment inférieur au) rapport théorique 2 qu'implique l'équation de Fitz ; c'est que le milieu de fermentation contient, en outre de l'acide lactique, un autre donneur d'hydrogène, apporté par l'extrait de levure sous forme d'asparagine].

La fermentation propionique se prête à une interprétation statistique des phénomènes biochimiques : les phénomènes sont, en effet, théoriquement simples : à partir de l'acide lactique, FITZ les représente par l'équation :

$$3\,C^3H^6O^3 \longrightarrow 2\,C^3H^6O^2 + C^2H^4O^2 + CO^2 + H^2O$$

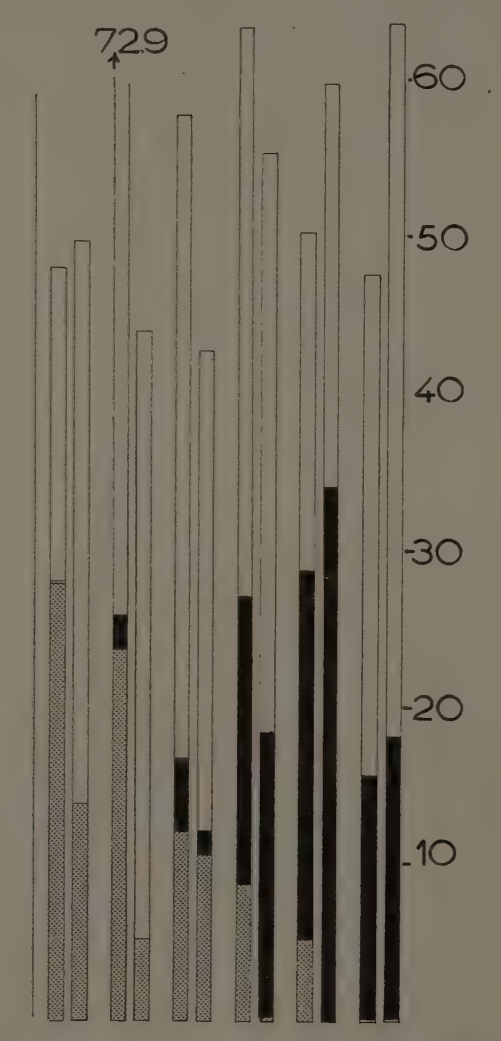


FIG. 4. — Hétérogénéité d'une population formée de 7 races d'*Aspergillus niger* quant à l'influence du zinc sur la fermentation du glucose (WASSILJEV, 1935). Pour les sept races, on compare deux à deux, les grammes de :

1° Glucose oxydé;
2° Gluconate de chaux obtenu (en grisé);
3° Citrate de chaux obtenu (en noir).

a. En l'absence de zinc (rectangle de gauche); *b*. en présence de 0,01 de sulfate de zinc.

L'acide propionique est un produit d'hydrogénation directe d'une partie de l'acide lactique, dont le reste sert de donneur d'hydrogène, au cours de sa transformation en acide acétique et en CO^2.

Cette transformation doit se faire par deux déshydrogénations successives dont la première donne de l'acide pyruvique et la seconde à la fois l'acide acétique et CO^2. L'interprétation biochimique des résultats statistiques fait apparaître, sous les fluctuations, le caractère spécifique.

Pour que se manifestent les possibilités spécifiques, les conditions favorables doivent être réalisées, mais certains individus supportent des carences dont d'autres souffrent.

La privation de zinc inhibe le pouvoir oxydant de certains *Sterigmatocystis nigra* au point que, dans le milieu de culture privé de zinc, s'accumule l'acide gluconique, c'est-à-dire le produit d'oxydation minima du glucose. L'addition de 0,01 p. 100 de zinc suffit à leur permettre de pousser les oxydations jusqu'au stade acide citrique.

D'autres *S. nigra*, capables de réaliser cette oxydation en l'absence même de zinc, ne tirent pas bénéfice, à cet égard, d'un apport de zinc (fig. 4).

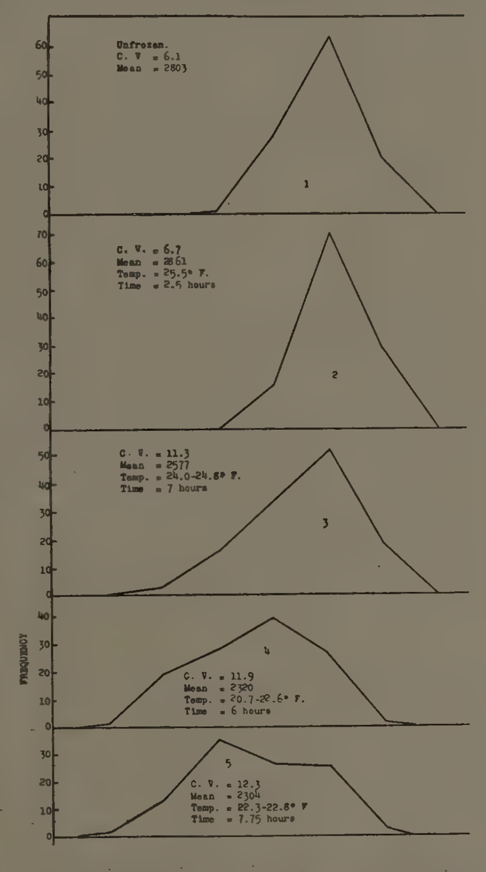


Fig. 5. — Distribution des résistances en centaines d'ohms, (1) dans des oranges non gelées. (2)-(5) dans des oranges gelées. (D'après Davis).

§ 4. Distribution normale ou binomiale.

Dans le but d'étudier l'effet du gel sur les oranges, Davis recueille, sur un oranger, 350 oranges représentant un échantillon pris au hasard dans la population que forme l'ensemble des oranges portées par l'arbre.

Au laboratoire, il répartit au hasard ces 350 oranges en 7 lots de 50.

Il mesure pour 25 oranges du premier lot la résistance (en centaines d'ohms) opposée, par le jus, au passage du courant électrique entre deux électrodes distantes de 1 centimètre.

Cette résistance a une valeur moyenne $x = 2803$; 60 p. 100 des lectures donnent un chiffre voisin de cette moyenne; les valeurs qui s'écartent de cette

moyenne sont d'autant moins nombreuses qu'elles s'en écartent davantage, et les écarts négatifs compensent sensiblement les écarts positifs.

La représentation graphique (5) montre que les écarts observés (x) à la moyenne calculée $\bar{x}$ se distribuent, quant à leur fréquence, selon un polygone presque symétrique, c'est-à-dire sensiblement par un polygone de distribution binomiale représentant graphiquement l'expansion du binome $(p+q)^n$ où p est très sensiblement égal à q.

Déviation standard ou erreur quadratique, variance, coefficient de variation.

Quant à la dispersion des 25 mesures (x) autour de la valeur moyenne $\bar{x} = 2803$, elle est mesurée ici par la « déviation standard » ou « écart quadratique », ou « déviation type » :

$$\sigma = \sqrt{\frac{S\ (x-\bar{x})^2}{25}} = 17$$

D'une façon générale, la constante fondamentale qui mesure la dispersion des valeurs autour de leur moyenne est la déviation standard ou erreur quadratique :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\int (x-\bar{x})^2}{N}}$$

où x représente les N valeurs individuelles observées, x leur valeur moyenne et où le signe $\int$ indique qu'on a effectué la somme des N écarts qui séparent chaque valeur individuelle x de la valeur moyenne $\bar{x}$.

L'expression $\sigma^2 = \frac{\int (x-\bar{x})^2}{N}$ est la « variance ».

Le coefficient de variation $CV = \frac{\sigma \times 100}{x}$ exprime la déviation standard en fonction de la moyenne; pour les 25 oranges du premier lot,

$$CV = \frac{17 \times 100}{2.803} = 6.1$$

Les graphiques 2-5 représentent, comparativement à la distribution des résistances des oranges normales, les distributions des résistances des oranges des lots 2-5, qui ont subi l'action de basses températures :

2 : — 4° pendant 2 h. 1/2.
3 : — 4°4 pendant 7 heures.
4 : — 6°5 pendant 6 heures.
5 : — 5°2 pendant 7 h. 3/4.

Ces distributions diffèrent de la première : 1° par leur dissymétrie; 2° par leur aplatissement, c'est-à-dire par la plus grande dispersion des 25 résistances

observées de part et d'autre de la moyenne calculée ; en d'autres termes, par un coefficient de variation plus élevé (11 à 12) au lieu de 6.

Coefficient de variation. — La déviation standard mesure le degré de variation en unités concrètes : centimètres, grammes, ohms.

Pour exprimer le degré de variation, indépendamment de toute unité, il faut l'exprimer, en pourcentage de la valeur moyenne m du caractère mesuré, par le *coefficient de variation* qui permet de comparer les variabilités relatives de caractères, mesurées avec des unités différentes : $CV = \frac{100\,\sigma}{m}$.

Remarque. — Ce coefficient de variation n'a pas une signification universelle, par suite du coefficient de corrélation ($r_{h\mu_2}$) qui lie la déviation standard (σ) à la moyenne m.

$$r_{h\mu_2} = \frac{\mu_3}{n\,\sigma_h\,\sigma\,\mu_2}$$

Pour donner une représentation visuelle du coefficient de variabilité d'un caractère et permettre de le comparer à celui d'un autre caractère, Pearl propose :

1° D'exprimer chaque caractère en p. 100 de leur valeur moyenne prise égale à 100 p. 100 ;

2° D'exprimer les fréquences en fréquences de 1 p. 100, 2 p. 100, n p. 100 de la moyenne de chaque caractère.

La courbe de fréquence normale (dite de Moivre, Laplace, Gauss) vers laquelle tend un polygône de fréquence binomiale du type (1) quand n augmente indéfi-

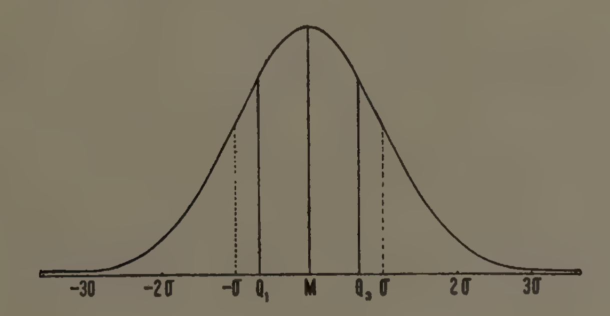


Fig. 6 — Courbe normale ou « courbe des erreurs ».

L'ordonnée élevée du point M (moyenne) rencontre la courbe en son sommet correspondant au maximum.

Les déviations à partir de la moyenne sont comptées en prenant σ pour unité.

Les ordonnées élevées aux points Q_1 et Q_3 divisent cette surface (correspondant à 100 p. 100 des cas possibles, c'est-à-dire à la certitude) en 4 surfaces égales (dites quartiles), une déviation quelconque a donc 50 p. 100 de chances d'être comprise dans la surface Q_1 et Q_3 et 50 p. 100 d'être en dehors (d'après Babcock et Clausen).

niment, délimite une surface comprenant 100 p. 100 des cas observables dans la population supposée infinie, dont les N cas observés (x) et soumis aux mesures, représentant autant d'échantillons pris au hasard.

Cette courbe est parfaitement définie par la moyenne m dont la meilleure estimation est $x = \frac{1}{N} S(x)$ et par la variance σ^2 dont la meilleure estimation est $s^2 = \frac{1}{N} S(x - \bar{x})^2$ quand N est grand, et $s^2 = \frac{1}{n-1} S(x - \bar{x})^2$ lorsque n est petit ; le nombre $(n-1)$ représentant le « nombre des degrés de liberté ».

La surface délimitée par la courbe de fréquence normale est telle que 99 p. 100 des cas observables ne diffèrent pas de la moyenne de plus de 3σ, que 95 p. 100

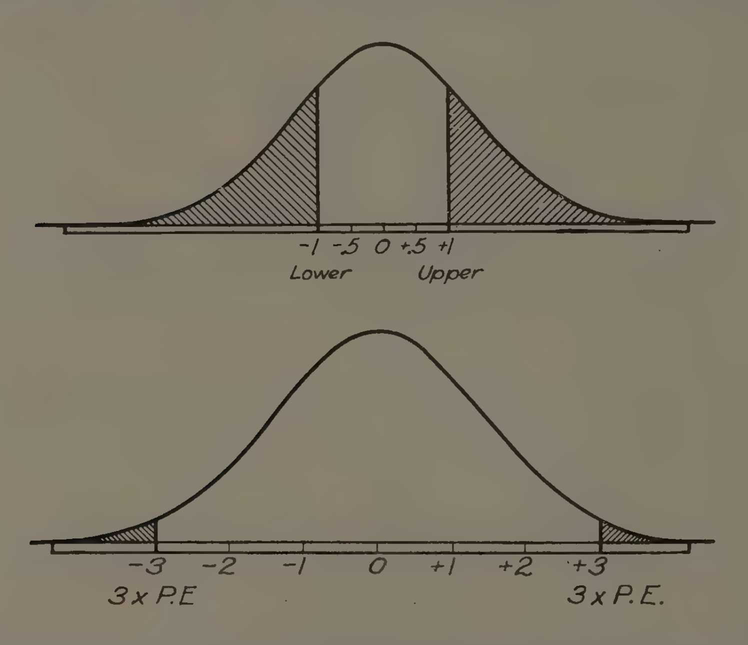


Fig. 6 *bis*. — 0.6745 σ étant pris pour unité sur l'axe des x, les deux ordonnées élevées à $x = \pm 1$ divisent la surface totale de telle sorte que l'aire centrale est égale à la somme des deux aires latérales.

Les deux ordonnées élevées à $x = \pm 3$ délimitent une aire centrale comprenant 82 p. 100 de la surface totale.

D'après Pearl (Introduction to Medical biometry and Statistics, p. 285-286, Philadelphia 1930).

n'en dévient pas de plus de 2 σ, et que 50 p. 100 des cas observables sont compris entre

$$m - 0{,}6745\,\sigma \text{ et } m + 0{,}6745\,\sigma$$

Cette valeur numérique particulière $(0{,}6745\,\sigma)$, parce qu'elle a autant de chances d'être dépassée que de ne l'être pas, a reçu le nom d'erreur probable.

Son usage tend à être abandonné, et, dans les discussions statistiques, c'est l'erreur quadratique σ ou mieux encore la variance σ^2 qui doit être employée comme mesure de la dispersion autour de la moyenne.

Les quatre premiers moments de la distribution binomiale.

MOMENT À PARTIR DE L'ORIGINE ARBITRAIRE. ($\bar{x}=o$)		MOMENT À PARTIR DE LA MOYENNE.
$(p+q)^n$	$p=q=\frac{1}{2}$ $\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right)^n$	$(x-\bar{x})^s$
$\mu_1=np$ nombre moyen de gains.	$=m$ moyenne $=\frac{\Sigma(x)}{N}=\bar{x}$	$=\frac{S(x-\bar{x})}{N}=o.$
$\mu_2=npq$	$=\sigma^2=$ variance.	$=\frac{S(x-\bar{x})^2}{N}$
$\sqrt{\mu_2}$	$=\sigma=$ déviation standard (écart type).	$=\sqrt{\frac{S(x-\bar{x})^2}{N}}=\sqrt{\frac{Sx^2}{N}-\bar{x}^2}$
$\mu_3=npq(p-q)$		$=\frac{S(x-\bar{x})^3}{N}$ o.
$\mu_4=npq\,[1+3(n-2)pq]$		$=3\,\mu_2$
$B_1=\frac{\mu_3^2}{\mu_2^3}$ $B_2=\frac{\mu_4}{\mu_2^2}$		$B_1=o$ $B_2=3.$

§ 5. Distribution non normale.

Si la distribution n'est pas sensiblement normale, comme celle du graphique (1), mais nettement dissymétrique comme celle du graphique (5), les seuils de probabilité de 99 p. 100, de 95 p. 100, de 50 p. 100 ne correspondent plus à $3\,\sigma$, $2\,\sigma$, $0{,}6745\,\sigma$, mais, respectivement, à des valeurs de σ affectées de coefficients numériques plus élevés.

D'après Tchebicheff 99 p. 100 des variants d'une distribution quelconque ne dévient pas de la moyenne de plus de $5\,\sigma$.

Le théorème de Bienaymé-Tchebicheff indique que la probabilité pour une variable aléatoire de rester dans un intervalle $\pm\, t\sigma_x$, centré au centre de gravité G d'un système de masse p_j, est supérieure à $\left(1-\frac{1}{t^2}\right)$. La notion de variable aléatoire découle de la considération d'un jeu tel que le jet d'un dé. Au jet d'un dé correspond six arrivées possibles x_i (1, 2, 3, 4, 5, 6,) ayant chacune la même probabilité $p_i=\frac{1}{6}$. Au point obtenu, pouvant prendre six valeurs distinctes, se rattache une variable aléatoire définie par les six couples (p_i et x_i) [Risser]. De même, au jet de deux dés on peut adjoindre les sommes des points d'arrivée :

$$x_j\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ 8,\ 9,\ 10,\ 11,\ 12.$$

Et les probabilités :

$$p_j\ \frac{1}{36},\ \frac{2}{36},\ \frac{3}{36},\ \frac{4}{36},\ \frac{5}{36},\ \frac{6}{36},\ \frac{7}{36},\ \frac{8}{36},\ \frac{9}{36},\ \frac{10}{36},\ \frac{11}{36},\ \frac{12}{36}.$$

On se trouve alors en présence d'une variable aléatoire de onzième ordre.

Si l'on assimile ces points p_i à des masses pesantes appliquées à des points situés à des distances X_j d'une origine commune O, le centre de gravité G de cet ensemble de masses :

$$\frac{1}{36},\ \frac{2}{36},\ \frac{3}{36} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \frac{12}{36},$$

caractérisé par son abscisse, correspond à l'*espérance mathématique* ou *valeur probable* :

$$E(x) = \frac{\Sigma P_j X_j}{\Sigma P_i} = m_i.$$

Cette valeur définit le moment du premier ordre ou moyenne et introduit celle du moment d'ordre :

$$E(x^2) = \Sigma p_j\, x^2_j$$

qui prend sa plus petite valeur σ^2 quand l'origine de la distribution est m_i; cette valeur minima de la somme $E(x^2)$ est dite valeur des moindres carrés (least squares). L'exemple des parties de dés nous permet d'attribuer à p sa signification de chances de succès, opposée à celle de $q = 1\text{-}p$ qui représente au contraire les risques d'échecs...

L'application des méthodes statistiques à la Biologie ou à la Pathologie suppose : que nous croyons au règne d'un certain ordre dans l'univers, que cet ordre peut s'exprimer par quelques fonctions mathématiques simples, que, dans une population homogène normale, les individus se distribuent, quant à l'intensité de tel ou tel caractère envisagé, symétriquement autour de la classe correspondant à l'expression la plus probable de l'intensité de ce caractère, c'est-à-dire l'intensité moyenne. Une telle distribution correspond théoriquement à la distribution binomiale correspondant au développement $(p - q)^n$ lorsque $p = q = 1/2$; elle se représente graphiquement par la courbe en cloche : elle se définit statiquement par deux paramètres m et σ.

Dans sa généralité, la distribution binomiale $(p - q)^n$ permet d'étudier tous les cas, depuis celui de la distribution normale où $p = q = 1/2$ jusqu'au cas limite où q étant infiniment voisin de 1, p est infiniment voisin de 0 et qui correspond aux séries de Poisson.

Pearl a montré que traiter comme distribution théorique normale (correspondant à $p = q = 1/2$) les distributions correspondant à des valeurs assez sensiblement différentes de p et q est une approximation légitime, qui n'entraîne pas d'erreur très considérable, et que, dans bien des cas, il est intéressant de rechercher le degré d'accord entre telle distribution observée et la distribution binomiale théorique correspondant aux valeurs calculées pour p et q $(p = q)$ en utilisant seulement les deux paramètres m et σ, tout comme si la distribution était normale $(p = q)$.

Cependant, le fait pour une distribution de n'être pas normale peut résulter d'un fait pathologique et, c'est, semble-t-il, pour les pathologistes que l'étude des distributions asymétriques présente un intérêt pratique.

Cette étude peut être entreprise :

1° Soit simplement par la méthode de Montessus de Ballore, en traitant la branche négative et la branche positive de la courbe en cloche dissymétrique chacune comme une moitié de deux courbes symétriques différentes;

2° En utilisant les moments de 3e et 4e ordres, selon la méthode de K. Pearson;

3° En corrigeant la dissymétrie de la courbe de fréquence par le choix, comme unité sur l'axe des abscisses, d'une fonction convenable de x; dans bien des cas il sera indiqué de choisir $x' = \log x$.

2. Application à la distribution d'un petit nombre de variants des caractéristiques de la distribution d'un grand nombre.

§ 1. Échantillonnage en vue de l'étude statistique.

Dans la plupart des cas, il est impossible d'étudier tous les individus d'une population; force est de se limiter à étudier un certain nombre d'échantillons et de généraliser à l'ensemble de la population les résultats de l'étude faite sur les échantillons.

Les échantillons doivent être : 1° qualitativement et 2° quantitativement représentatifs de la population.

1° Si la population groupe un certain nombre de types évidemment différents, l'échantillonnage doit bien entendu comprendre des représentants de chaque type. Dans certains cas, la définition de la «population» dépend de connaissances préalables : par exemple, pour l'étude de la répartition du virus Y dans les champs de Tabacs, se borner à étudier les plants de Tabacs donnerait des résultats impossibles à interpréter logiquement, la contamination des Tabacs étant assurée à partir des Pommes de terre cultivées à leur voisinage. Il faut dans ce cas, comprendre dans la population à étudier, non seulement les Tabacs, mais les Pommes de terre de la région considérée et même les Solanées sauvages capables d'héberger le virus.

Le nombre d'échantillons à étudier au sein d'une population pour obtenir un résultat statistiquement valable, dépend de la constitution de la population; or, celle-ci, avant l'étude statistique, est généralement inconnue.

Dans cette population, le pourcentage de manifestation p du caractère étudié a une valeur déterminée, entre 0 et 100, mais cette valeur n'est pas connue *a priori*.

Pearl a calculé pour chaque pourcentage possible, 10, 20, 30, ... 90 p. 100, en fonction du nombre d'échantillons étudiés, le plus petit et le plus grand nombre probables de mise en évidence du caractère étudié.

Pour chaque nombre m d'échantillons étudiés entre 10 et 1.000, il a calculé,

pour chaque pourcentage possible p de la manifestation du caractère, la valeur du point binomial :

$$\sigma\sqrt{p.q.m}$$

Par exemple pour 60 p. 100 de manifestation du caractère et $m = 100$:

$$\sigma\sqrt{0{,}6 \times 0{,}4 \times 100.}$$

Chaque valeur ainsi calculée a été multipliée par 2,58, valeur du quotient x/σ qui élimine environ 0,005 de la surface de la queue de la courbe normale et ce produit soustrait de, ou additionné à, la valeur moyenne correspondant à chaque série p, q, m donne les limites inférieure et supérieure probables de la manifestation du caractère dans le cas considéré.

Les tables de Pearl.

Soit n le nombre d'individus dont se compose la population, et soit p la probabilité de la manifestation d'un caractère.

Pearl calcule la déviation type $\sigma = \sqrt{pqn}$ et forme le produit $2{,}58\,\sigma$.

La probabilité que le caractère en question sera observé un nombre H de fois *extérieur* à l'intervalle $np - 2{,}58\,\sigma$ et $np + 2{,}58\,\sigma$ est très faible. Autrement dit, les valeurs ci-dessus constituent des limites entre lesquelles doit se trouver le nombre H.

Exemple : soit $p = 0{,}60$ et $n = 100$; $2{,}58\,\sigma = 2{,}58\sqrt{0{,}6 \times 0{,}4 \times 400} = 13$ et $np = 60$. Les deux limites sont $60 - 13 = 47$; $60 + 13 = 73$.

Exemple : pour une population connue, on a de fortes raisons de croire que la probabilité de la manifestation d'un caractère est 0,80. Pour 150 individus observés, le nombre de fois np que le caractère en question se manifeste doit rester compris entre 107 et 133 si l'hypothèse admise est exacte.

Exemple : *nombre de plantes à étudier dans un champ pour connaître le taux d'infection par un parasite.*

Soit une population comprenant N individus et *supposons* que la proportion, non encore déterminée par nous, des plantes affectées dans cette population soit réellement :

a. 10 p. 100 ;
b. 20 p. 100 ;
c. 30 p. 100 ;
d. 40 p. 100 ;
e. 50 p. 100 ;
f. 60 p. 100 ;
g. 70 p. 100 ;
h. 80 p. 100 ;
i. 90 p. 100.

Prenons, au sein de la population N, des lots de m individus $(m = p + q)$ $[m < 10N]$ et examinons les conséquences qui résultent de ce que m a telle ou telle valeur.

Pour chaque valeur de m et pour chaque valeur du p. 100 d'infection calculons σ correspondant au développement du binôme $(p + q)^n$; $[n = \text{p. 100 infection}]$. Par exemple, pour une infection de 60 p. 100 et une valeur de $m = 100$:

$$\sigma = \sqrt{100 \times 0{,}6 \times 0{,}4}.$$

Les valeurs obtenues sont multipliées par 2,58 (valeur de x/σ qui élimine environ 0,005 de la surface de la courbe normale, vers les extrémités). Les produits sont retranchés du nombre moyen correspondant à chaque système des valeurs m, p et q pour donner la valeur minima du pourcentage d'infection correspondant, ou ajoutés à ce même nombre moyen pour donner la valeur maxima de ce pourcentage.

Par cette méthode R. PEARL a construit la Table « des limites d'échantillonnage ».

On y lit par exemple que si la population montre dans l'ensemble 90 p. 100 d'infection, un échantillon de 100 individus pris au hasard a 199 chances contre une de comprendre, au moins 82 individus infectés, au plus 98.

§ 2. LES CONSTANTES STATISTIQUES.

L'un des buts de l'expérimentation agricole est de se renseigner. par l'étude d'un nombre forcément restreint d'échantillons, sur les « possibilités » d'une population comprenant un nombre indéfini de représentants.

Ce but peut être atteint par le calcul des « constantes statistiques » qui permettent de caractériser numériquement chacune des qualités importantes à considérer. Les variations observées entre les lots d'individus (qui constituent autant d'échantillons mis par le hasard entre nos mains parmi toutes les « possibilités de manifestation correspondantes » se définissent grâce à la « théorie des erreurs » qui permet de réduire tous les résultats de l'échantillonnage à une commune mesure, la probabilité. La seule incertitude réside en l'interprétation des probabilités calculées.

Pour autant qu'il s'agit de population « normale », les méthodes statistiques sont d'application universelle, contrairement à cette opinion courante qu'« en expérimentation agricole le nombre des observations est rarement assez grand pour permettre le libre jeu des lois du hasard ».

« Les lois du hasard, pour autant que nous les connaissons, jouent pleinement, chaque fois que nous prélevons, au hasard, un individu dans une population, et la définition d'un échantillonnage au hasard ne dépend nullement du nombre des individus composant l'échantillon. Toutes les méthodes de présentation d'informations relatives à cet échantillon sont statistiques : moins l'échantillon est abondant, plus rigoureuse doit être l'application des méthodes statistiques. » (TIPPETT.)

Une population est définie statistiquement par la «distribution» de ses individus autour de la valeur moyenne.

Graphiquement, cette distribution se représente par une courbe «en cloche» ou par la courbe d'intégration de l'équation de la courbe en cloche.

Théoriquement, cette distribution se représente par les deux paramètres : μ, moyenne de la population infinie dont sont supposés extraits au hasard les échantillons qui composent la population étudiée, et σ, déviation standard ou écart quadratique correspondant.

Pratiquement, cette distribution se représente par les valeurs statistiques m (moyenne de la population) et s déviation (de la population étudiée); ces valeurs statistiques pouvant permettre d'estimer les paramètres correspondants sous les conditions précisées plus loin.

Une «distribution normale» est représentée graphiquement par une courbe en cloche symétrique autour de l'ordonnée élevée de la moyenne, et elle est définie par les deux paramètes μ et σ.

Mais, en pathologie végétale, nous avons fréquemment à étudier des distributions qui ne sont pas normales ; les deux paramètres μ et σ ne suffisent plus à représenter de telles distributions ; il devient nécessaire d'utiliser les moments de 3e et 4e ordres, ainsi que l'a montré K. Pearson.

L'étude de la distribution d'une population a ce double intérêt :

1° Savoir si la distribution est normale ou non, et dans ce dernier cas, pourquoi elle n'est pas normale ;

2° Déterminer la probabilité que deux distributions à comparer correspondent à deux échantillons pris au hasard dans une population homogène, ou, au contraire, représentent chacune une population différente.

Pour résoudre l'un ou l'autre de ces problèmes, nous devons juger statistiquement de la signification de l'écart entre : 1° la valeur théorique (c) du paramètre considéré dans l'hypothèse que nous formulons, et 2° la valeur observée (o) de ce paramètre ; la difficulté réside en ce qu'en pathologie végétale, faute de pouvoir étudier un nombre suffisamment grand d'individus représentant les échantillons de chaque population, nous ne pouvons pas déterminer les paramètres de cette population et nous devons nous contenter de l'estimer d'après les constantes statistiques.

Le premier paramètre (ou la première constante statistique) prise en considération a été la moyenne. Depuis longtemps, les statisticiens savent comment les moyennes (m_x) correspondant à k lots de n individus (x) pris au hasard dans une population infinie normale se distribuent autour de la moyenne μ de cette population infinie.

Mais une population n'est pas définie par une moyenne considérée en l'absence de la déviation standard correspondante, et ce n'est que très récemment que les statisticiens ont fait connaître la distribution des k constantes statistiques S_{m_x} affectant les k moyennes m_x correspondant à k lots de n individus x, d'une population moyenne μ affectée de déviation standard σ.

Or, qu'il s'agisse de calculer la probabilité pour qu'une certaine différence observée entre les moyennes m_x et m_x' de deux distributions, ou entre les deux déviations standards σ_x, σ_x' de ces distributions soit le fait du hasard ou le fait d'un phénomène pathologique ou l'effet d'un traitement, cette probabilité doit toujours être estimée par «intégration entre limites», c'est-à-dire en calculant le rapport de la surface totale délimitée par la courbe représentant la distribution du paramètre considéré (moyenne ou déviation standard) à la surface des «queues» de la même courbe, c'est-à-dire aux portions de surfaces situées au delà des ordonnées élevées à partir des abscisses (choisies du côté négatif et du côté positif) comme «seuil de signification statistique». Prendre comme seuil de signification 0,05, c'est considérer comme significative toute déviation qui, sur 100 essais, a moins de 5 chances de se manifester comme seul fait du hasard; prendre 0,01 c'est se montrer plus exigeant et ne considérer comme significatives que les déviations qui, sur 100 essais, n'ont qu'une chance de se manifester comme seul fait du hasard.

Si exigeants que nous puissions nous montrer, nous devrons cependant conserver un certain risque d'interpréter comme significatives des déviations qui peuvent se manifester du seul fait du hasard. Ce risque est de 5 p. 100 pour le seuil de 0,05, de 1 p. 100 pour le seuil de 0,01.

Il nous resterait maintenant : 1° à rappeler comment nous pouvons calculer la probabilité en fonction d'une surface, par intégration entre certaines limites définissant une courbe de distribution; 2° à définir les constantes statistiques (ou les paramètres) dont la distribution nous permettra, par les surfaces délimitées entre certaines ordonnées, de calculer les probabilités de telle ou telle déviation.

§ 3. Comparaison de deux distributions, représentées graphiquement chacune par une courbe de fréquence, par la comparaison des valeurs respectives des constantes statistiques et paramètres définissant chacune de ces distributions.

Comparant deux distributions par le critérium de χ^2 nous comparerons classe par classe chaque fréquence observée à une fréquence théorique, correspondant à une distribution idéale, formée par hypothèse comme représentant la population infinie dont la population étudiée représente un groupe d'échantillons extraits au hasard.

Mais puisqu'une distribution binomiale normale est définie par ses deux moments de premier et de second ordre, il suffirait théoriquement de comparer les valeurs des moments de premier ordre de chaque distribution et les moments de second ordre de chaque distribution; la valeur des écarts observés doit permettre de juger de la probabilité pour les deux distributions de représenter la même population homogène ou non. Toute la difficulté réside en *ce que nous observons un nombre fini* d'échantillons, que nous ordonnons dans un certain ordre pour simuler, par une distribution observée, une certaine *distribution théorique*, correspondant à une certaine équation mathématique et jouissant par conséquent d'un caractère de généralité suffisant pour comprendre tous les cas possibles, c'est-à-dire pour comprendre la certitude, représentée statistiquement par 1; or,

si nombreux que puissent être les individus que nous étudions, ils ne représenteront jamais la totalité des cas possibles correspondant aux possibilités dont les individus que nous étudions représentent quelques manifestations, qui, du fait du hasard, se trouvent figurer dans le lot d'échantillons qui composent la population que nous étudions. Cette population, que nous considérons comme une distribution normale, par exemple comme une distribution binomiale, est caractérisée par deux moments de premier et de second ordres, la moyenne m et la déviation standard s. Mais, dans quelle mesure pouvons-nous considérer ces constantes statistiques m et s déduites de nos observations, comme représentant les paramètres μ et σ de la population idéale, infinie, que nous imaginons comme la généralisation, à tous les cas possibles, des tendances indiquées par les constantes statistiques m et s.

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIÈRE PARTIE.

Babcock (E. B.) et Clausen (R. E.). — Genetics in relation to Agriculture. Mc Graw Hill Book C°, New-York, 1927.)

Dodge (B. O.). — Production of fertile hybrids in the Ascomycete *Neurospora*. (*Journ. Agric. Res.* 26, p. 11, 1928.)

Davis (Ward B.). — Detection and measurement of freezing injury in Valencia oranges. (*Amer. Journ. of Botany*, 22, p. 562, 1935.)

Feldman (W. M.). — Biomathematics. (Londres, C. Griffin and C°, 1935.)

Fisher (R. A.). — Statistical methods for research workers. (Oliver and Boyd, Londres, 1934.)

—— The planning of experiments. (Oliver and Boyd, Londres, 1935.)

Tippett (L. H.). — The methods of statistics. (Londres, Williams and Norgate, Ltd, 1931.)

Risser (R.). — Essai sur la théorie mathématique des assurances sur la vie. (*Revue Scientifique*, n° 12, 23 juin 1934, p. 375.)

Darmois (G.). — Statistique Mathématique. (Doin, Paris.)

II. LE CRITÉRIUM DE χ^2.

1. Le criterium de χ^2 appliqué à la comparaison de deux distributions.

§ 1. Comparaison d'une distribution observée avec une distribution normale.

Parce qu'elle est particulièrement facile à employer, la courbe normale de Moivre, Laplace, Gauss est fréquemment utilisée comme le schéma le plus propre à représenter théoriquement telle ou telle distribution « continue ».

Cette hypothèse : «la distribution que nous avons à étudier doit pouvoir se représenter par une distribution normale», est logiquement l'hypothèse qu'il convient de faire la première dans la plupart des cas, et en particulier lorsque les données numériques expérimentales sont trop réduites pour permettre de tenter un ajustement mathématique plus compliqué. L'ajustement d'une distribution observée à une distribution normale ne représente cependant qu'une approximation.

Le premier problème à résoudre est de trouver, parmi les distributions binomiales normales, celle qui donne, avec la distribution observée, le meilleur ajustement, et de calculer par le critérium de χ^2 la probabilité des déviations entre cette distribution idéale et la distribution observée. Faute d'une probabil.té suffisante que ces écarts sont imputables au seul hasard, c'est-à-dire aux erreurs d'échantillonnage, nous devons : ou bien admettre que notre hypothèse était mal fondée et chercher un autre type de distribution théorique représentant de façon plus adéquate la distribution observée; ou bien, nous contentant de reconnaître que la distribution observée n'est pas normale, rechercher pourquoi elle n'est pas normale, c'est-à-dire déterminer la cause «pathologique» de son anomalie.

§ 2. Le critérium de χ^2.

Soient N individus répartis en deux séries de chacune m classes de fréquence; l'une théorique, l'autre observée. Soit, pour chaque classe, (C) la fréquence calculée dans l'hypothèse de l'une des distributions normales classiques : continues, telles que la distribution binomiale, la distribution de Moivre-Laplace-Gauss, ou discontinues, séries de Poisson.

Soit, pour chaque classe, (O) la fréquence observée.

Pour chaque classe, nous calculerons, entre fréquence calculée (ou théorique) (C) et fréquence observée (O), une certaine différence O-C, et il est évident que l'accord, entre la distribution réelle observée et la distribution théorique hypothétique à laquelle nous la comparons, sera d'autant meilleur que chaque différence O-C sera plus faible.

Mais la somme de ces différences (ou moment de 1er ordre) ne saurait constituer un critérium du degré d'accord, puisqu'elle est toujours nulle :

$$\Sigma_1^m (o-c) = \Sigma_1^m (o) - \Sigma_1^m (c) = \mathrm{N} - \mathrm{N} = 0.$$

Force nous est donc d'utiliser un moment d'ordre supérieur au 1er et par exemple un moment de 2e ordre, soit :

$$\Sigma_1^m (o-c)^2$$

Mais cette somme elle-même ne saurait constituer un critérium du degré d'accord entre la distribution des fréquences théoriques et celle des fréquences observées.

En effet, la signification de $(O-C)^2$ dépend de la grandeur du nombre prévu; une même différence de 2 n'est pas aussi significative quand elle exprime 152-150 que quand elle représente 17-15.

Il nous faut donc rendre relative la différence $(O-C)^2$, ramener chaque différence à une commune mesure, en faisant non le quotient $\frac{(O-C)^2}{O}$ [ce qui n'est pas indiqué puisque ce quotient serait indéterminé pour celles des classes qui, faute pour l'étude de porter sur un nombre suffisamment grand d'échantillons, ne compteraient aucun représentant] mais le quotient $\frac{(O-C)^2}{C}$.

La somme :

$$\chi^2 = \Sigma_1{}^m \left[\frac{(o-c)^2}{c}\right]$$

constitue le critérium χ^2 dont PEARSON a fait connaître la distribution; plus χ^2 est petit, meilleure est la concordance; en première approximation, les valeurs de χ^2 correspondant à une probabilité de 0,05 peuvent être adoptées comme seuil de probabilité.

§ 3. MESURE, PAR LA MÉTHODE DE χ^2, DU DEGRÉ D'ACCORD ENTRE DISTRIBUTIONS CALCULÉE ET OBSERVÉE

La valeur P critérium de la probabilité.

Dès 1900, Karl PEARSON a montré que l'expression :

$$P = \frac{\int_\chi^\infty e^{-\frac{1}{2}\chi^2} \chi^{n-1}\, d\chi}{\int_0^\infty e^{-\frac{1}{2}\chi^2} \chi^{n-1}\, d\chi}$$

permet de déterminer le degré de fidélité avec lequel une courbe de fréquence représente la distribution des individus dans un phénotype (v. 2, § 1, p. 172).

L'expression χ = cte est l'équation d'un ellipsoïde généralisé tel que, sur toute sa surface, la fréquence du système de déviations est constante. Du point de vue statistique, la valeur de χ^2 pour un système de fréquences observées et des fréquences théoriques correspondantes est la somme des rapports obtenus chacun en divisant par la fréquence théorique c le carré des différences entre cette fréquence théorique (c) et la fréquence observée correspondante (o). En d'autres termes, pour chaque classe, calculer la différence (o-c), élever au carré, et diviser par (c).

classes de phénotypes.	Fréquences o	c	$(o-c)^2$	$\frac{(o-c)^2}{c}$
				$\Sigma \frac{(o-c)^2}{c}$

Pour chaque nombre de classe N′ les Tables de PEARSON ou les Tables d'ELDERTON donnent, en regard de chaque valeur de χ^2, la valeur correspondant de P.

TABLE DE χ^2 reproduite avec la permission
de R. A. FISHER de «*Statistical Methods*», p. 110 (OLIVER ET BOYD, 1935).

n.	P = ·99.	·98.	·95.	·90.	·80.	·70.	·50.	·30.	·20.	·10	·05.	·02.	·01.
1	·000157	·000628	·00393	·0158	·0642	·148	·455	1·074	1·642	2·706	3·841	5·412	6·635
2	·0201	·0404	103	·211	·446	·713	1·386	2·408	3·219	4·605	5·991	7·824	9·210
3	·115	·185	·352	·584	1·005	1·424	2·366	3·665	4·642	6·251	7·815	9·837	11·341
4	·297	·429	·711	1·064	1·649	2·195	3·357	4·878	5·989	7·779	9·488	11·668	13·277
5	·554	·752	1·145	1·610	2·343	3·000	4·351	6·064	7·289	9·236	11·070	13·388	15·086
6	·872	1·134	1·635	2·204	3·070	3·828	5·348	7·231	8·558	10·645	12·592	15·033	16·812
7	1·239	1·564	2·167	2·833	3·822	4·671	6·346	8·383	9·803	12·017	14·067	16·622	18·475
8	1·646	2·032	2·733	3·490	4·594	5·527	7·344	9·524	11·030	13·362	15·507	18·168	20·090
9	2·088	2·532	3·325	4·168	5·380	6·393	8·343	10·656	12·242	14·684	16·919	19·679	21·666
10	2·558	3·059	3·940	4·865	6·179	7·267	9·342	11·781	13·442	15·987	18·307	21·161	23·209
11	3·053	3·609	4·575	5·578	6·989	8·148	10·341	12·899	14·631	17·275	19·675	22·618	24·725
12	3·571	4·178	5·226	6·304	7·807	9·034	11·340	14·011	15·812	18·549	21·026	24·054	26·217
13	4·107	4·765	5·892	7·042	8·634	9·926	12·340	15·119	16·985	19·812	22·362	25·472	27·688
14	4·660	5·368	6·571	7·790	9·467	10·821	13·339	16·222	18·151	21·064	23·685	26·873	29·141
15	5·229	5·985	7·261	8·547	10·307	11·721	14·339	17·322	19·311	22·307	24·996	28·259	30·578
16	5·812	6·614	7·962	9·312	11·152	12·624	15·338	18·418	20·465	23·542	26·296	29·633	32·000
17	6·408	7·255	8·672	10·085	12·002	13·531	16·338	19·511	21·615	24·769	27·587	30·995	33·409
18	7·015	7·906	9·390	10·865	12·857	14·440	17·338	20·601	22·760	25·989	28·869	32·346	34·805
19	7·633	8·567	10·117	11·651	13·716	15·352	18·338	21·689	23·900	27·204	30·144	33·687	36·191
20	8·260	9·837	10·851	12·443	14·578	16·266	19·337	22·775	25·038	28·412	31·410	35·020	37·566
21	8·897	9·915	11·591	13·240	15·445	17·182	20·337	23·858	26·171	29·615	32·671	36·343	38·932
22	9·542	10·600	12·338	14·041	16·314	18·101	21·337	24·939	27·301	30·813	33·924	37·659	40·289
23	10·196	11·293	13·091	14·848	17·187	19·021	22·337	26·018	28·429	32·007	35·172	38·968	41·638
24	10·856	11·992	13·848	15·659	18·062	19·943	23·337	27·096	29·553	33·196	36·415	40·270	42·980
25	11·524	12·697	14·611	16·473	18·940	20·867	24·337	28·172	30·675	34·382	37·652	41·566	44·314
26	12·198	13·409	15·379	17·292	19·820	21·792	25·336	29·246	31·795	35·563	38·885	42·856	45·642
27	12·879	14·125	16·151	18·114	20·703	22·719	26·336	30·319	32·912	36·741	40·113	44·140	46·963
28	13·565	14·847	16·928	18·939	21·588	23·647	27·336	31·391	34·027	37·916	41·337	45·419	48·278
29	14·256	15·574	17·708	19·768	22·475	24·577	28·336	32·461	35·139	39·087	42·557	46·693	49·588
30	14·953	16·306	18·493	20·599	23·364	25·508	29·336	33·530	36·250	40·256	43·773	47·962	50·892

Sur la ligne du nombre n' des degrés de liberté mis en jeu, lire dans la table de FISHER, la valeur de χ^2 la plus voisine de la valeur calculée.

En donnant les valeurs de χ^2 correspondant à des valeurs spécialement choisies, P. FISHER a pu condenser dans sa Table les parties de la distribution de χ^2 que ne donnaient pas les Tables plus anciennes; en lui donnant cette forme, FISHER s'est basé sur ce qu'il importe moins de connaître la valeur exacte de P pour une certaine valeur observée de χ^2, que de savoir si cette valeur observée est ou non suspecte. En pratique FISHER propose de prendre, comme seuil, la probabilité de 0,05 et de considérer que toute valeur de χ^2 correspondant à une valeur plus grande de P correspond à une différence significative.

§ 4. PROBABILITÉ POUR DEUX COURBES DE FRÉQUENCE DE REPRÉSENTER DEUX POPULATIONS DIFFÉRENTES PLUTÔT QUE DEUX SÉRIES D'ÉCHANTILLONS D'UNE MÊME POPULATION HOMOGÈNE.

La méthode de χ^2 permet de résoudre cette question : étant donné deux distributions de fréquences, quelle est la probabilité que ces deux distributions correspondent à deux groupes d'échantillons pris au hasard au sein d'une même population, dont les caractéristiques ne nous sont connues que par ces échantillons? En d'autres termes : quelle probabilité y a-t-il pour que l'une des distributions

diffère réellement de l'autre, c'est-à-dire en diffère plus que ne permet de le prévoir le calcul des probabilités?

Le 2e théorème de K. PEARSON indique que : si la population globale M parmi laquelle sont choisis au hasard les exemplaires de l'une et de l'autre distribution comprend les fréquences de classes :

$$m_1,\ m_2,\ m_3,\ m_4 \qquad m_p,\ m_q,\ m_s \text{ (dont le total est M).}$$

tandis que chaque distribution comporte les fréquences suivantes pour les classes correspondantes 1, 2, 3......., p, q, s.

		TOTAUX.
1re distrib.	$f_1,\ f_2,\ f_3,\ f_4 \ldots\ldots f_p,\ f_q,\ f_s$	N_1
2e distrib.	$f'_1,\ f'_2,\ f'_3,\ f'_4 \ldots\ldots f'_p,\ f'_q,\ f'_s$	N_2

(peu importe que N_1 et N_2 diffèrent peu ou beaucoup).

Si nous formons la quantité :

$$\chi^2 = \int_1^s \left[\frac{N_1\, N_2 \left(\frac{f_p}{N_1} - \frac{f'_p}{N_2} \right)^2}{f_p + f'_p} \right]$$

où $\int_1^s$ représente la somme des quantités identiques de 1 à s : la probabilité pour que les deux courbes (ou les deux distributions) représentent deux lots d'échantillons tirés au hasard d'une même population homogène est donnée par la valeur P lue (pour la valeur calculée de χ^2) dans la Table d'ELDERTON ou mieux dans la Table de FISHER, sur la ligne correspondant à n', nombre de degrés de liberté existant entre les variants de chaque distribution.

Il importe de remarquer que le critérium de χ^2 ainsi défini ne peut être employé qu'à comparer des distributions de fréquence, c'est-à-dire à comparer la fréquence observée, dans chaque classe, à la fréquence calculée pour la classe correspondante d'une distribution théorique à laquelle on se propose de comparer la distribution réelle des fréquences de la population étudiée.

§ 5. COMPARAISON D'UNE POPULATION OBSERVÉE À UNE SÉRIE BINOMIALE.

1er exemple :

Distribution normale représentant approximativement une population homogène.

Faisons germer des graines réparties en 80 rangs de 10 sur papier filtre.

Comptons, au bout de 8 jours, la fréquence des rangs montrant 0, 1, 2, plantules : formons la distribution (O) du tableau p. 169, d'après TIPPETT.

Nous ne comptons au total que 174 plantules, soit en moyenne 2,175 par rang, ce qui est peu, une infection des semis par les moisissures ayant détruit beaucoup de plantules.

Nous ne connaissons pas la distribution de la population infinie correspondante, mais nous pouvons la représenter par la distribution du binôme de fréquence ayant

mêmes probabilités de succès (graine produisant une plantule) ou d'insuccès, et vérifier dans quelle mesure cette distribution calculée représente la distribution observée. Le binôme est $(0,2175 + 0,7825)^{10}$, dont les termes, multipliés par 80, représentent les fréquences théoriques (c). L'accord entre fréquence calculée (c) et observée (o) montre que les graines étaient bien mélangées et que toutes les conditions, y compris l'infection par les moisissures, étaient uniformes. Il y a une probabilité constante (0,2175) pour qu'une graine quelconque germe.

PLANTULES PAR RANG.	o	c	$(o-c)$.	$(o-c)^2$.	$\frac{(o-c)^2}{c}$.
0	6	6,9	0,9	0,8	0,11
1	20	19,1	0,9	0,8	0,04
2	28	24,0	4	16,0	0,67
3	12	17,7	5,7	32,5	1,84
4	8	8,6			
5	–	2,9			
6	–	0,7			
7	–	0,1			
$t = 5 - 2 = 3$. $n^1 = t + 1 = 4$.		$\chi^2 = 2,9$. $P = 0,41$.			

(Le développement du binôme, indiqué dans l'exemple suivant, est omis ici.)

2e *exemple : population hétérogène.*

On a semé : 6 graines de Coton dans chacun de 1.120 poquets.

Au bout de 15 jours, 3.220 plantules survivaient : fréquence théorique de survivants par poquet $p = \frac{3.220}{6.720} = 0,48$; fréquence d'échecs $q = 0,52$; le développement du binôme $1.120\ (p + q)^6$ peut se représenter dans le tableau suivant d'après TREOLAR, p. 28 et 34.

NOMBRE DE PLANTULES par poquet.	PROBABILITÉ THÉORIQUE.	p.	q.	PROBABILITÉ.	FRÉQUENCE THÉORIQUE (c).	$(o-c)$.	$\frac{(o-c)^2}{c}$.
6	p^6.	$p^6 = 0,012230$	1	0,012230	13,70	90,30	595,19
5	$6\,p^5q$.	$p^5 = 0,025480$	$q = 0.520000$	0,079498	89,04	101,96	116,75
4	$15\,p^4q^2$.	$p^4 = 0,053084$	$q^2 = 0,270400$	0,215309	241,15	– 24,15	2,42
3	$20\,p^3q^3$.	$p^3 = 9,110592$	$q^3 = 0,140608$	0,311002	348,32	– 184,32	97,54
2	$15\,p^2q^4$.	$p^2 = 0,230400$	$q^4 = 0,073116$	0,252689	283,01	– 184,01	119,64
1	$6\,pq^5$.	$p = 0,480000$	$q^5 = 0,038020$	0,109498	122,64	– 39,64	12,81
0	q^6.	1	$q^6 = 0,019770$	0,019770	22,14	239,86	2598,59
				0,999996	1120,00	0,00	$\chi^2 = 3542,94$

Le nombre des classes est 7 ; celui des degrés de liberté $n' = 6$; les Tables indiquent pour cette valeur de χ^2 une probabilité moindre de 10^{-6} c'est-à-dire que des facteurs autres que le simple jeu du hasard ont déterminé l'association des mortalités dans certains poquets. Un champignon pathogène, attaquant l'une des graines ou l'une des plantules d'un poquet, contamine les autres du même poquet : ainsi s'explique l'hétérogénéité de la population.

§ 6. Application aux séries de Poisson.

Dans certains cas, il n'est pas possible d'obtenir un grand nombre de groupes d'individus d'une population : on ne dispose que d'échantillons comprenant chacun un petit nombre d'individus et provenant de diverses populations.

Les résultats peuvent être réduits à une commune mesure puis intégrés. Si chaque population a fourni le *même nombre* d'individus, il est très commode de prendre pour cette commune mesure

$$\chi^2 = \frac{S\,(m_s - \bar{m})^2}{\bar{m}}.$$

où m_s représente l'une des fréquences observées (le dénombrement d'un groupe quelconque), $\bar{m}$ la moyenne, et S l'intégration à effectuer.

Numération des colonies bactériennes ou mycéliennes.

En estimant le nombre des colonies par la méthode de dilution, on suppose :

1° Une distribution au hasard des organismes;

2° Leur développement sans interférence mutuelle.

Soient n boîtes de Petri, sur chacune desquelles nous comptons x_1. x_2. .....x_n colonies. Soit en moyenne $\bar{x}$.

La dispersion peut être exprimée par

$$\chi^2 = \frac{\Sigma\,(x - \bar{x})^2}{\bar{x}}.$$

Pour des échantillons représentatifs de séries de Poisson, χ^2, ainsi calculé, est distribué de telle sorte que les tables de Fisher (p. 167) en donnent les principales valeurs. (Dans ces tables, n représente le nombre de boîtes de Petri moins une.)

Cultures monospermiques.

Dans la mesure où l'échantillon comprenant les n boîtes (ou tubes) de culture étudiés représente un échantillon de séries de Poisson, le nombre des boîtes ou tubes de culture, contenant soit 0, soit 1, soit 2... organismes, peut-être calculé en fonction du nombre moyen m des organismes dans l'ensemble des n boîtes ou tubes. Ce nombre peut être déduit de la proportion des boîtes ou tubes montrant des colonies par rapport à celle des boîtes ou tubes stériles.

Soit m le nombre moyen des organismes, la proportion des tubes ou boîtes stériles doit être e^{-m} et nous pouvons calculer le pourcentage des boîtes ou tubes

devant contenir chacun les nombres moyens d'organismes suivants (ou dire : il y aura 10 p. 100 de tubes ou boîtes devant contenir en moyenne 0,10 organismes vivants) ($e = 2.71828\ldots$).

P. 100 de tubes avec cultures	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Nombre moyen de micro-organismes par tubes.	0,10	0,22	0,35	0.51	0,69	0,91	1,2	1,6	2,3

Pourcentage des cultures pures (dérivant d'un seul germe).

Si e^{-m} boîtes ou tubes sont stériles.

me^{-m} boîtes ou tubes seront des cultures pures (tirant origine d'un germe unique).

Le reste est impur (provient de 2 ou n germes) :

$m =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
P. 100 «cultivant»	9,5	18,1	25,9	32,9	39,5	45,1	50,3
P. 100 «cultivant impur».	4.9	9,6	14,2	18,6	22,9	27,0	30,9

Pour obtenir une très grande probabilité (95 p. 100) que toutes celles des boîtes ou tous ceux des tubes, qui ne sont pas stériles, contiennent des cultures pures, il faut faire des dilutions telles qu'au moins 9/10e des boîtes ou tubes restent stériles (Fisher, p. 63).

2. Application de la méthode de χ^2 à l'étude statistique des ségrégations des génotypes par disjonction mendelienne

§ 1. Critique statistique du caractère léthal.

Les proportions mendéliennes de disjonction en F_2 des produits de l'autofécondation d'un hybride F_1 selon les proportions 9 : 3 : 3 : 1 correspondent à l'hypothèse que les caractères phénotypiques dépendent de deux facteurs indépendants, dont la disjonction puis le regroupement au hasard produisent 4 classes d'hybrides également viables.

Or, les méthodes biométriques mettent de plus en plus en évidence qu'il n'est généralement pas indifférent pour un organisme de posséder un caractère ou son allélomorphe, et que les chances de survie peuvent dépendre de la constitution génétique; à titre d'exemples nous citons : 1° les hybrides albinos provenant des croisements de Tabacs effectués à l'Université de Wisconsin, où des méthodes de culture ont permis à Henika de mettre en évidence le caractère léthal de la déficience de chlorophylle, pour expliquer le désaccord révélé par le criterium de χ^2 entre distributions théorique et observée; 2° les hybrides de *Primula,* où la simple analyse de la variance permet de déceler le caractère léthal.

La disjonction, en F_2, des produits de l'autofécondation d'un hybride F_1 doit, dans le cas où deux paires de caractères se disjoignent et se recombinent au hasard, donner 4 classes de phénotypes, qui, s'ils sont également viables, doivent être représentés respectivement selon la proportion mendélienne des dihybrides : 9 : 3 : 3 : 1; les résultats de Winton et Bateson correspondent-ils à cette prévision?

Facteur léthal des hybrides de *Primula* «à feuilles crispées» (de Winton et Bateson, cité par Fisher, l. c.; p. 84) :

F_3 *Primula* 9 : 3 : 3 : 1.

	FEUILLES				TOTAL.
	PLATES.		CRISPÉES.		
	«normal.»	«queen.»	«lee.»	«queen.»	
$o = m + x$	328	122	77	33	560
$c = m$	315	105	105	35	560
$\frac{(o-c)^2}{c} = \frac{x^2}{m}$	0,537	2,7	7,4	0,114	1.087

$n = 3$. $\chi^2 - 10{,}87$. $0.01 < P < 0{,}02$. Différence significative si on admet le seuil de 0,05.

Les valeurs théoriques étant calculées chacune au moyen d'une règle de trois, comme la proportion mendélienne à prévoir sur un total de 560 hybrides, les chiffres représentant chacune des quatre classes doivent pouvoir être additionnés de telle sorte que si l'on attribue aux proportions de trois des classes des valeurs arbitraires, la proportion de la 4e classe est déterminée comme la différence entre le total général et la somme des trois valeurs précédentes; le nombre des degrés de liberté (n') est donc 3. Pour cette valeur de n' la valeur de $\chi^2 = 10.87$, n'a de chances d'être égalée ou dépassée, du fait du seul hasard, que 1 à 2 fois sur 100 essais.

Si donc nous prenons la valeur de 0,5 comme seuil de probabilité, les déviations entre proportions mendéliennes théoriques et proportions observées sont significatives. Mais si nous formons maintenant, au lieu de la 1re hypothèse supposant tous les phénotypes également viables, l'hypothèse que les phénotypes à feuilles crispées sont moins viables que les phénotypes à feuilles plates, nous considérerons d'abord le total des hybrides à feuilles plates et des hybrides à feuilles crispées que nous avons obtenus, puis nous diviserons chaque classe dans la proportion 3 : 1, c'est-à-dire :

	$\frac{\text{FEUILLES PLATES.}}{\text{FEUILLES CRISPÉES.}} = \frac{3}{1}$.			
	PLATES.		CRISPÉES.	
	«normal.»	«queen.»	«lee.»	«queen.»
o	328,0	122,0	77,0	33,0
c	337,5	112,5	82,5	27,5
$\frac{(o-c)^2}{c} =$	0,267	0,804	0,367	1,109

Le nombre des degrés de liberté (n') est réduit à 2, mais la valeur de χ^2 est réduite à 2.547 de telle sorte que P > 0,2, et que les déviations ne sont plus significatives :

La partie significative de la différence entre proportions observée et théorique tenait à la proportion des feuilles plates et crispées.

§ 2. Étude statistique des facteurs génétiques et biochimiques de la résistance des oignons au *Colletotrichum circinans.*

Rieger, au Dept. of Plant Pathology de l'Université du Wisconsin, a montré comment les méthodes statistiques peuvent être utilisées à critiquer une hypothèse de travail. Les hypothèses étaient les suivantes : 1° hypothèse génétique : la résistance des Oignons au *Colletotrichum circinans* est liée à la présence de deux gènes W, W*y*; 2° hypothèse biochimique : ces deux gènes W «de la production d'anthocyanol + quercétine» et W*y* de «production de quercétine» sont des gènes de production d'une substance soluble dans l'eau, très toxique pour le champignon parasite *Colletotrichum circinans.* Cette substance est l'acide protocatéchique.

Certains oignons rouges ou jaunes résistent aux attaques du *Colletotrichum circinans,* champignon parasite qui attaque les oignons blancs.

La production du pigment anthocyanique rouge dans les vacuoles des cellules de l'épiderme externe dépend d'un facteur génétique W tel que les phénotypes W sont rouges, les phénotypes W*y* ou *w* sont privés de rouge.

Mais les phénotypes W*y* sont colorés en jaune par un flavonol (quercétine), tandis que les phénotypes *w* sont blancs.

Les phénotypes W et W*y* contiennent tous deux des dérivés du flavonol, (quercétine) dont la couleur jaune, manifeste dans W*y* qui ne possède pas d'anthocyane, est masquée dans W par la couleur rouge de l'anthocyane.

Les phénotypes W et W*y* contenant le flavonol quercétine contiennent en même temps de l'acide protocatéchique toxique pour le *Colletotrichum circinans* et dont la présence confère la résistance aux attaques de ce parasite. [1]

La quercétine a la formule d'un tetraoxyflavonol.

O
C—
COH
O

La quercétine décomposée en présence d'alcali produit un mélange de phloroglucine et d'acide protocatéchique. Les relations biochimiques entre la quercétine (flavonol jaune) et les pigments anthocyaniques rouges sont schématisées par la relation réversible :

Glucide + eau ⇄ chromogène (flavone) + sucre.
Chromogène + oxygène ⇄ anthocyanine.

[1] Rieman : Genetic factors for Pigmentation in the Onion. *Jour. Agr. Res.* 42, 271, 1931.

La quercétine réduite par l'amalgame de sodium (méthode de Combes appliquée par Willstatter) produit de la cyanidine.

Biochimiquement : 1° les phénotypes W et Wy diffèrent donc par la nature et l'intensité des oxydations cellulaires permettant à W de former de l'anthocyanine ; 2° les phénotypes *w* diffèrent de W et Wy par l'absence de quercétine.

Mais la formation de quercétine dans les phénotypes W ou Wy, celle d'anthocyane dans le phénotype W dépendent de l'absence d'un facteur « d'inhibition d'oxydation » I.

Il en résulte que les génotypes :

W*ii* sont rouges et résistants ;
Wy*ii* sont jaunes et résistants ;

que tous les génotypes homozygotes pour II sont blancs et sensibles, que les hétérozygotes WI*i* sont intermédiaires comme coloration (bulbe crème à col rouge) et comme résistance au parasite.

Les groupes phénotypiques établis d'après la coloration représentent donc en même temps des groupes phénotypiques établis d'après le degré de résistance au *Colletotrichum circinans*. Ils se prêtent à l'étude de la transmission héréditaire du caractère « résistance » opposé à son allélomorphe « sensibilité ».

Il nous paraît donc utile d'exposer à ce propos les méthodes d'appréciation statistique du degré d'accord entre 1° les proportions mendéliennes C qui devraient être réalisées par la répartition des produits de la disjonction du croisement entre les classes phénotypiques (basées soit sur la coloration, soit sur la résistance) et 2° les proportions réellement obtenues O.

Le croisement d'un oignon hétérozygote à bulbe blanc avec un oignon homozygote à bulbe jaune, donne en F_1 :

1 oignon à bulbe rouge ;
1 — — jaune ;
2 — — blancs.

De ces deux blancs F_1 l'un, autofécondé, ne donne en F_2 que des blancs ; l'autre autofécondé, donne en F_2 :

3 rouges ;
1 jaune ;
12 blancs.

De ces blancs, certains en F_3 ne donnent que des blancs, d'autres se disjoignent encore selon le mode 3 : 1 : 12, d'autres selon le mode 1 : 3.

Des jaunes, les uns en F_3 ne donnent que des jaunes, d'autres se disjoignent selon le mode 3 : 1.

Comment expliquer génotypiquement ces proportions phénotypiques ? Le

croisement d'un oignon blanc hybride avec un oignon jaune homozygote donne en F_1 :

1 rouge.. $WW^y ii$.
1 jaune.. $wW^y ii$.
2 blancs. { $WW^y Ii$. / $wW^y Ii$.

L'un de ces blancs autofécondé donne en F_2 :

3 rouges.. Wi; $(WWii + 2\ WW^y ii)$.
1 jaune.. $W^yW^y ii$.
12 blancs I. $(1\ WWII + 2\ WW^yII + 1\ W^yW^yII) = 4$.
$(2\ WWIi + 4\ WW^yIi + 2\ W^yW^yIi) = 8$.

En F_3 certains des blancs F_2 se disjoignent encore selon la même ségrétation; d'autres sont des blancs homozygotes qui ne donnent que des blancs.

Produits de disjonction du croisement des oignons, blanc hétérozygote × jaune homozygote : $Ww\ Ii \times W^y\ W^y\ ii$.

	$(WW^y\ i)$ ROUGE.	$(wW^y\ i)$ JAUNE.	(I) BLANC.	
F_1 :				
o	6	1	6	N′ = 2.
c (1 : 1 : 2)	3,25	3,25	6,50	
o-c	2,75	2,25	0,50	$\Sigma\chi^2 = 3{,}91$.
$\frac{(o-c)^2}{c} =$	$\frac{(2{,}75)^2}{3{,}25} = 2{,}33$	$\frac{(2{,}25)^2}{3{,}25} = 1{,}55$	$\frac{(0{,}50)^2}{6{,}50} = 0{,}03$	P = 0,14.
F_2 blanc W^yWIi autofécondé :				
o	54	23	229	
c (3 : 1 : 12)	57,4	19,1	229,5	
o-c	3,4	3,9	0,5	$\Sigma\chi^2 = 0{,}998$.
$\frac{(o-c^2)}{c} =$	0,208	0,79	0	P = 0,60.
F^3 WW^yIi :				
o	75	21	275	
c (3 : 1 : 12)	69,6	23,2	278,2	
o-c	5,4	2,2	3,2	$\Sigma\chi^2 = 0{,}674$.
$\frac{(o-c)^2}{c} =$	0,42	0,21	0,01	P = 0,70.

	$(WW^y i)$ ROUGE.	$(wW^y i)$ JAUNE.	(I) BLANC.	
$WW^y ii$:				
o	72	22		
c (3 : 1).............	70,5	18	0	
o-c............	1,5	1,5		$\chi^2 = 0{,}13$.
$\frac{(o-c)^2}{c} =$	0,03	0,12		P = 0,70.
WW *ii*.................	49	0	0	
$W^y W^y ii$................	0	58	0	
WW II, WW^yII ou W^yW^yII..	0	0	556	$\chi^2 = 0$.
WW I*i* ou WW^y I*i* :				
o	246	0	774	$\chi^2 = 0{,}42$.
c (1 : 3).............	255	0	765	P = 0,50.
W^yW^y I*i* :				
o	0	45	99	$\chi^2 = 3{,}00$.
c (1 : 3).............	0	36	108	P = 0,05.

Nous pouvons intégrer dans un total général les sommes partielles de χ_2 soit : $3{,}91 + 1 + 0{,}67 + 0{,}13 + 0 + 0{,}42 + 3{,}0 = 9{,}13$ ce qui pour $N' = 11$ (nombre des degrés de liberté) correspond à une probabilité de $P = 0{,}60$, c'est-à-dire, que, sur 100 essais, nous avons 60 chances de trouver un écart égal ou supérieur entre proportions observée et calculée.

Pour les disjonctions monohybrides : W W^y *ii*, WW I *i* et W^y W^y I *i*, il n'était pas nécessaire d'utiliser le criterium de χ_2; il eût suffi de calculer l'erreur probable de la proportion mendélienne par la formule :

$$E.P = 0{,}6745 \sqrt{0{,}75 \times 0{,}25 \times n}.$$

et de comparer la valeur de l'erreur probable ainsi calculée aux déviations D obtenues entre proportions théoriques C et observées O.

Soit pour la disjonction W W I *i* :

O = 246 rouges; 774 blancs.
C = 255 — 765 —

$$E_nP = \pm 0{,}6745 \sqrt{0{,}75 \times 0{,}25 \times 1020} = 9{,}4.$$

$$D = (O - C) = 774 - 765 = 255 - 246 = 9.$$

$$\frac{D}{E_nP} = \frac{9}{9{,}4} = 0{,}96.$$

Sur 100 essais nous aurions donc plus de 50 chances de trouver du fait du seul hasard un écart égal ou supérieur à D = 9.

Les produits du croisement : oignon rouge × oignon blanc, se répartissent théoriquement : 1° quant à la couleur rouge, dans les phénotypes :

25 p. 100 «homozygotes rouges»;
50 p. 100 «hétérozygotes à col rouge»;
25 p. 100 «homozygotes blancs»;

2° Quant à la résistance (évaluée par l'effet inhibiteur de la présence d'un morceau d'écaille du bulbe dans l'eau où les spores sont mis en germination), dans les phénotypes :

25 p. 100 résistants;
50 p. 100 intermédiaires;
25 p. 100 susceptibles.

En fait, sur 18 bulbes «rouges», RIEDEL en trouve 18 résistants; sur 137 à «col rouge», 29 intermédiaires + 108 susceptibles; sur 50 «blancs», 4 intermédiaires + 46 susceptibles.

L'étude de la disjonction des hétérozygotes «à col rouge» met nettement en lumière la corrélation qui existe entre la constitution génétique hétérozygote et le caractère intermédiaire de la résistance.

Sur 30 hétérozygotes à col rouge, 7 sont tout à fait ou moyennement résistants, 23 susceptibles, ce qui correspond à la proportion phénotypique théorique (3 + 1) pigmentés plus 12 blancs, en considérant les génotypes :

WWI*i*;
WW*y*I*i*;
WW*ii*;
WW*yii*;
W*y* W*y*I*i*;
W*y*W*yii*.

Les gènes W et W*y* (qui peuvent être considérés génétiquement comme formant avec *w* une série d'allélomorphes multiples) déterminent la formation d'acide protocatéchuique dans les écailles externes des bulbes des oignons résistants.

Le gène I inhibe la formation d'anthocyanine que tend à déterminer le gène W, et est responsable de la «résistance intermédiaire» des bulbes d'oignons à «col rouge».

Le croisement Oignon rouge × Oignon blanc fournit un exemple particulièrement simple où la différence entre «résistance» et «susceptibilité» vis-à-vis de tel agent de maladie se transmet héréditairement comme se transmet une diffé-

rence entre deux caractères allélomorphes; c'est l'exemple classique de la différence entre «pois rond» et «pois ridé» qui permit à MENDEL d'énoncer les lois sur l'hérédité : le croisement d'un génotype r sensible avec un génotype R résistant fournirait dans la descendance, à la deuxième génération F_2 : 25 p. 100 d'individus sensibles rr + 75 p. 100 d'individus résistants RR et Rr.

Un tel croisement n'aurait aucun intérêt pratique puisque les 75 p. 100 de résistants seraient représentés par 25 p. 100 de résistants purs RR génétiquement identiques à leur parent résistant et par 50 p. 100 de résistants «hybrides» Rr, inutilisables génétiquement.

Tout croisement a pour but pratique de combiner dans un hybride homozygote deux caractères favorables de chacune de deux paires de caractères allélomorphes, à l'exclusion du caractère allélomorphe défavorable.

Soit, par exemple, un génotype devant à un caractère P sa productivité et à un caractère r son absence de résistance à une maladie à laquelle résisterait un autre génotype possédant le caractère de résistance R (allélomorphe de r) et le caractère de non productivité p (allélomorphe de P).

Le croisement des génotypes PrxpR doit nous permettre de réaliser, dès la seconde génération, par le simple jeu des probabilités composées auquel MENDEL a ramené les lois de l'hérédité, les combinaisons suivantes selon les proportions phénotypiques théoriques :

3P. 3R = 9PR..... Résistants, productifs;
1r = 3Pr..... Identiques au parent Pr;

1p. 3R = 3pR..... Identiques au parent pR;
1r = 1pr..... Sensible et improductif.

III. LA MÉTHODE D'APPARIAGE DE STUDENT.

Symboles employés :

x = toute valeur que peut prendre un «variant» ou variable dans la série considérée;

m_x ou $\bar{x}$ = moyenne des variables de la série x;

ζ, ... μ_x ou μ = moyenne de la population infinie dont la série x représente un échantillon;

$\int(x)$, S (x) ou $\Sigma(x)$ = somme de toutes les valeurs x de la série;

$\int_0^{\cdot}(x)$ = somme des variants de la série entre les limites indiquées;

s_x = estimation de la déviation standard de la série x;

σ_x = déviation standard de la population infinie dont la série x représente un échantillon;

n = nombre d'individus dans un échantillon tiré au hasard d'une population;

k = nombre d'échantillons de n individus tirés au hasard;
d = déviation de la moyenne m_x par rapport à la moyenne μ_x;

$$Z \text{ de Student} = \frac{d}{\sqrt{\frac{S(x-\bar{x})^2}{N}}} = \frac{\frac{D}{N}}{\sqrt{\frac{D^2}{N} - \left(\frac{\Sigma D}{N}\right)^2}}.$$

$$t \text{ de Fisher} = \frac{x - \bar{x}'}{s}\sqrt{\frac{(n_1+1)(n_2+1)}{n_1+n_2+2}}.$$

1. Les constantes statistiques.

Les constantes statistiques dont la distribution permet de calculer la probabilité d'une déviation.

La distribution de la somme des carrés des déviations d'une variable à partir de la moyenne, soupçonnée dès 1875 par Helmert, a été publiée en 1900 par Pearson K. (Tables de distribution de χ^2), puis redécouverte indépendamment en 1908 par l'auteur anonyme qui, sous le nom de Student, a fait connaître la distribution de la variance d'un échantillon normal (tables de t de Student).

Enfin, Fisher a publié, sous le nom de distribution de Z, l'extension logique et la généralisation des distributions publiées par Pearson et par Student; d'autre part, Love a publié, d'après les distributions de Student, des Tables de probabilité de Z.

Il suffit de se familiariser avec l'une de ces distributions ou préférablement successivement avec ces trois distributions, en commençant par la plus simple pour terminer par la plus complexe et la plus générale, pour apprécier l'universalité d'application de ces criteria de probabilité. Ajoutons immédiatement, selon les paroles mêmes de Fisher que : «le fait de calculer une erreur probable ou une déviation standard en appliquant l'une des formules classiques ne nous permet pas d'analyser la distribution étudiée; ce calcul nous permet seulement, en consultant les tables de déviations, d'apprécier si la distribution observée peut être considérée comme normale, aux erreurs d'échantillonnage près, ou si une différence «significative» existe, dont nous devons rechercher la cause comme cause d'un phénomène pathologique.

§ 1. Probabilité d'une certaine déviation d entre «valeur statistique m_x ou s_x» et le paramètre correspondant μ_x ou σ_x d'une population.

Soit m_x (ou $\bar{x}$) la moyenne d'un certain lot de n individus.

Soient μ et σ les moyenne et déviation standard admises *a priori* pour un même nombre n d'individus d'une population normale.

Supposons que, de cette population normale, nous tirions au hasard k lots de n individus chacun. Chacun de ces k lots sera caractérisé par une moyenne

propre m_{x1}, m_{x2}, ...m_{xk}. Ces k moyennes se distribueront normalement autour de la moyenne des moyennes μ avec une déviation : $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

Dans cette distribution, une moyenne m_x d'un certain lot se situera à une distance de μ définie par la relation.

$$d = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \sqrt{n}.$$

(Les Tables de Sheppard, publiées par K. Pearson, permettent de connaître la probabilité P pour que, par suite d'échantillonnage au hasard, une moyenne m_x diffère de μ d'une valeur égale ou supérieure à une certaine déviation d; on en déduit la signification statistique à donner à telle déviation d de m_x par rapport à μ.)

Augmentons indéfiniment le nombre k des lots d'échantillons prélevés au hasard du sein de la population infinie de moyenne, et en même temps diminuons le nombre n des échantillons par lot : les k valeurs des valeurs telles que m_x s'ordonneront de part et d'autre de μ selon une distribution normale et avec une dispersion s_x qui représentera seulement $\frac{1}{\sqrt{n}}$ de la dispersion des variants, c'est-à-dire $\frac{1}{\sqrt{n}} \times \sigma_x$.

Si n devient égal à 1, $S_x = \sigma_x$.

Même si la distribution de variants n'est pas normale celle des moyennes m_x reste sensiblement normale tant que k est suffisamment grand (par exemple supérieur à 10).

Cas où σ est supposé connu.

Par conséquent, si la population est normale, et si nous connaissons σ, nous pouvons représenter graphiquement la distribution des moyennes M_x correspondant à des lots de N individus, sans déterminer expérimentalement la valeur de ces moyennes; nous pouvons déduire, de la courbe de fréquences, la probabilité pour qu'une déviation de la moyenne vraie m soit plus grande que telle valeur prédéterminée.

Pratiquement, si nous possédons un lot d'individus tel que sa moyenne M_x diffère de δ d'une certaine valeur hypothétique, ce qui nous importe généralelent c'est de savoir si cette déviation δ est probablement due aux erreurs d'échantillonnage.

Soit donc la courbe normale de distribution des écarts tels que d, c'est-à-dire la distribution des moyennes telles que M_x autour de la moyenne vraie m. La probabilité pour qu'un lot d'individus ait une moyenne M'_x différant de m d'une valeur égale ou supérieure à d correspond aux deux surfaces délimitées par les deux extrémités de la courbe, en deçà de l'ordonnée de $-d$ et au delà de l'ordonnée élevée à $+d$. Conventionnellement, on considère comme significatives statistiquement les déviations supérieures à celle qui correspond à une probabilité de 0,05,

c'est-à-dire à celle pour laquelle les ordonnées $-d$ et $+d$ coupent à chaque bout 0,025 de la superficie totale de la surface délimitée par la courbe de fréquence).

Pour apprécier la signification d'une déviation, nous devrions donc connaître la distribution des moyennes M_x correspondant à une série d'échantillons, déterminer la surface coupée aux deux extrémités par $\pm d$ et comparer cette surface à 0,05 de la surface totale.

Si la courbe est normale, connaissant σ, cette « surface coupée » (intégrale de la probabilité) est donnée par les Tables de Sheppard, publiées par Pearson.

Pratiquement, il suffit de trouver, une fois pour toutes, toutes les déviations qui correspondent au seuil de probabilité défini par 0,05, et de considérer toute déviation supérieure comme significative.

Or, les Tables de Sheppard montrent que la portion de surface déterminée par l'extrémité de la courbe de fréquence au-delà d'une déviation d égale à deux fois la déviation standard correspond à 0,0227 de la surface totale. Comme la courbe est symétrique, la portion déterminée par une déviation négative de même valeur est aussi 0,0227. De telle sorte que la somme de ces deux portions, c'est-à-dire la surface située au-delà de $\pm 2\sigma$ est très voisine de 0,05. Donc si nous adoptons le seuil de 0,05, une déviation $d = \pm 2\sigma$ est significative statistiquement.

Table de x reproduite avec la permission de R. A. Fisher,
de *Statistical Methods* p. 79 (Oliver and Boyd, 1935).

	·01.	·02.	·03.	·04.	·05.	·06.	·07.	·08.	·09.	·10.
·00	2·575829	2·326348	2·170090	2·053749	1·959964	1·880794	1·811911	1·750686	1·695398	1·644854
·10	1·598193	1·554774	1·514102	1·475791	1·439521	1·405072	1·372204	1·340755	1·310579	1·281552
·20	1·253565	1·226528	1·200359	1·174987	1·150349	1·126391	1·103063	1·080319	1·058122	1·036433
·30	1·015222	·994458	·974114	·954165	·934589	·915365	·896473	·877896	·859617	·841621
·40	·823894	·806421	·789192	·772193	·755415	·738847	·722479	·706303	·690309	·674490
·50	·658838	·643345	·628006	.612813	·597760	·582841	·568051	·553385	·538836	·524401
·60	·510073	·495850	·481727	·467699	·453762	·439913	·426148	·412463	·398855	·385320
·70	·371856	·358459	·345125	·331853	·318639	·305481	·292375	·279319	·266311	·253347
·80	·240426	·227545	·214702	·201893	·189118	·176374	·163658	·150969	·138304	·125661
·90	·113039	·100434	·087845	·075270	·062707	·050154	·037608	·025069	·012533	0
Fisher	Statistical	Methods	Oliver &	Boyd						

Chacune des valeurs de x inscrites (entre 2,575.029 et 0) représente une déviation telle qu'une observation a une probabilité P de tomber en dehors de l'étendue $+x$ à $-x$.

La valeur de P est la somme : du chiffre des dixièmes lu dans la colonne de gauche et du chiffre des centièmes lu sur la ligne supérieure.

Exemple : pour $x = 2{,}170.090$, $P = 0{,}03$, c'est-à-dire que 3 p. 100 des valeurs normalement distribuées auront des déviations positives ou négatives, excédant la déviation Standard dans la proportion de 2,170.090.

Erreurs d'échantillonnage affectant Sx.

La valeur moyenne de $\bar{x}$ est égale à m_x quel que soit le nombre N des variants de la population $\bar{x}$, mais la déviation standard $\bar{s}_x$ est plus petite que σ_x corres-

pondant à la population indéfinie dont les N exemplaires de la population finie $\bar{x}$ ont été tirés au hasard à titre d'échantillons.

A mesure que N augmente, $\bar{S}_x$ tend rapidement vers σ_x.

Arbitrairement, on distingue les cas où N est assez grand pour que $\bar{S}_x$ puisse être considéré comme identique à σ_x et les cas où N est trop petit pour que cette approximation soit légitime. Pour ces lots de peu d'échantillons, on a proposé les formules :

$$s_x = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N - 1}}.$$

ou

$$s_x = \sqrt{\frac{N}{(N - 1)}} \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N}}.$$

Dans le cas où les individus étudiés sont peu nombreux, les valeurs statistiques S ne représentent qu'une grossière approximation du paramètre σ.

D'autre part, Tréolar considère comme un abus de terme l'emploi du mot déviation standard pour désigner toute valeur autre que celle définie par la valeur théorique :

$$\sqrt{\frac{S (x - \bar{x})^2}{N}}.$$

Pour les échantillons peu nombreux, il convient donc d'employer, non plus la variance, mais le criterium t de Fisher.

Si nombreux que soient les individus étudiés, leur collection ne représente qu'un certain nombre, ou plus exactement, qu'une certaine fréquence f, des sorties p, parmi les manifestations théoriques possibles $(p + q)$ de la population infinie.

En résumé :

Distribution des écarts d des moyennes d'échantillons par rapport à la moyenne générale de la population, en fonction de la déviation standard σ de cette population, ou de sa variance σ^2.

$$1^\circ \text{ Théoriquement} = \frac{\text{Déviation de la moyenne}}{\text{Erreur standard}} = \frac{d}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{d}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}}.$$

2° D'après Student, pour les échantillons restreints :

$$Z = \frac{d}{\sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N}}}.$$

où $\bar{x}$ est la moyenne de l'échantillon;

d la déviation entre la moyenne de l'échantillon et la moyenne de la population;

x toute valeur observée;

N nombre des paires d'observations.

En pratique dans le calcul de z on appelle M (moyenne) le quotient par N de la somme des différences D entre valeurs x appariées deux à deux selon la méthode de STUDENT, en posant :

$$M = \frac{\Sigma D}{N}.$$

$$s^2 = \frac{\Sigma (D - M)^2}{N} \text{ ou } s^2 = \frac{\Sigma D^2}{N} - M^2.$$

$$Z = \frac{M}{s^2}.$$

§ 2. LE CRITERIUM Z DE STUDENT.

Si les moyennes m de k échantillons de N individus pris au hasard au sein d'une population infinie, se distribuent autour de la moyenne μ de cette population avec une déviation standard $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$.

Si d est la déviation de la moyenne des échantillons, à partir de la moyenne μ de la population, prise pour origine, c'est-à-dire si $d = m_x - \mu_x$, le quotient

$$\frac{d}{\frac{\sigma}{\sqrt{N}}} = \frac{\text{déviation de la moyenne}}{\text{erreur standard}}.$$

est distribué normalement.

En pratique, nous ne connaissons pas la déviation standard σ de la population et nous lui substituons la valeur s déduite de l'échantillonnage.

Pour les échantillonnages réduits, si $\frac{d}{\frac{\sigma}{\sqrt{N}}}$ est toujours normalement distribué, le quotient $\frac{d}{\frac{s}{\sqrt{N}}}$ n'est plus distribué normalement.

STUDENT a étudié cette distribution sous une forme un peu modifiée, et en a déduit les Tables qui donnent, pour les diverses valeurs de N, les probabilités d'intégrales du « criterium z de STUDENT »,

$$Z = \frac{d}{\sqrt{\frac{S\,(x - \bar{x})^2}{N}}}$$

où $\bar{x}$ est la moyenne de l'échantillonnage, d la déviation de cette moyenne à partir de la moyenne de la population, et x chaque valeur individuelle correspondant à un échantillon.

Le dénominateur est la racine carrée de la variance calculée comme pour les échantillons nombreux, c'est-à-dire en divisant S $(x - \bar{x})^2$ par N et non par (N-1).

LOVE a recalculé les Tables en publiant sur chaque ligne correspondant aux valeurs de Z (entre 0,1 et 2,75) et sous chaque colonne des valeurs de N (entre 2

et 28) les chances contre 1 pour qu'une différence entre séries d'observations appariées soit significative. Plus récemment LIVERMORE a republié une table analogue.

§ 3. LE CRITERIUM t DE FISHER.

Soient 2 séries parallèles de 6 observations au cours de six années 1928-1933, auxquelles correspondent 2 séries de 6 moyennes :

1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.
x_1 x'_1	x_2 x'_2	x_3 x'_3	x_4 x'_4	x_5 x'_5	x_6 x'_6

1° Négligeons le fait que les paires correspondent chacune à deux observations faites la même année : considérons les deux séries de 6 observations comme 12 observations indépendantes de même poids, c'est-à-dire comme 12 observations faites dans les mêmes conditions d'une même grandeur ζ correspondant à un unique échantillon : la moyenne $M = \frac{\Sigma x' + \Sigma x'}{12}$.

Comme nous considérons un seul paramètre ζ correspondant à la valeur statistique M, il n'y a aussi qu'un paramètre σ définissant la déviation standard. Nous ne connaissons pas ce paramètre σ, nous l'estimons par la valeur présumée de la déviation standard, c'est-à-dire par la valeur statistique S :

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (x - M)^2 + \Sigma (x' - M)^2}{12}}$$

c'est-à-dire que M est une valeur approchée de ζ et que l'erreur standard dans l'hypothèse actuelle est $\frac{S}{12}$. Si nous posons $d = M - \zeta$ nous obtenons pour la valeur du critérium t de Fisher :

$$t_1 = \frac{d\sqrt{12}}{S}.$$

Mais cette formule est pratiquement inapplicable puisque nous ne connaissons pas la vraie valeur ζ.

2° Respectons le groupement chronologique des observations par paires, c'est-à-dire considérons la série :

1928.	1929.	1930.	1931.	1932.	1933.
$Z_1 = x_1 - x'_1$	$Z_2 = x_2 - x'_2$	$Z_3 = x_3 - x'_3$	$Z_4 = x_4 - x'_4$	$Z_5 = x_5 - x'_5$	$Z_6 = x_6 - x'_6$

a. Considérons la moyenne $\overline{Z}$ des 6 différences successives x-x' :

$$Z = \frac{\Sigma (x - x')}{6} = \frac{\Sigma x}{6} - \frac{\Sigma x'}{6} = \overline{x} - \overline{x}'.$$

La moyenne théorique des valeurs Z est zéro, puisque c'est la même grandeur x qui est mesurée dans chaque série.

Nous ramenons donc le problème au problème précédent, puisque nous avons maintenant à savoir si $\overline{Z}$ diffère significativement de zéro.

Fisher calcule la variance S conformément à la formule des échantillons réduits $S=\sqrt{\frac{S(x-x)^2}{N-1}}$ en divisant la somme des carrés des déviations (d) par le nombre des degrés de liberté.

$$d=\frac{\int x}{N}-\zeta-\bar{x}=\bar{\zeta}$$

($\bar{\zeta}$ = moyenne de la population; $\bar{x}$, moyenne de l'échantillon, et d, déviation entre moyennes de la population et de l'échantillon).

d'où $t=\frac{d}{\frac{S}{\sqrt{N}}}$.

Table des valeurs de $t=\frac{d}{\frac{s}{\sqrt{N}}}$ reproduite avec la permission de R. A. Fisher de *Statistical Methods* p. 158, (Oliver and Boyd, 1935).

Fisher. TABLE IV—Table of t Statistical Methods Oliver & Boyd

n.	P = ·9.	·8.	·7.	·6.	·5.	·4.	·3.	·2.	·1.	·05.	·02.	·01.
1	·158	·325	·510	·727	1·000	1·376	1·963	3·078	6·314	12·706	31·821	63·657
2	·142	·289	·445	·617	·816	1·061	1·386	1·886	2·920	4·303	6·965	9·925
3	·137	·277	·424	·584	·765	·978	1·250	1·638	2·353	3·182	4·541	5·841
4	·134	·271	·414	·569	·741	·941	1·190	1·533	2·132	2·776	3·747	4·604
5	·132	·267	·408	·559	·727	·920	1·156	1·476	2·015	2·571	3·365	4·032
6	·131	·265	·404	·553	·718	·906	1·134	1·440	1·943	2·447	3·143	3·707
7	·130	·263	·402	·549	·711	·896	1·119	1·415	1·895	2·365	2·998	3·499
8	·130	·262	·399	·546	·706	·889	1·108	1·397	1·860	2·306	2·896	3·355
9	·129	·261	·398	·543	·703	·883	1·100	1·383	1·833	2·262	2·821	3·250
10	·129	·260	·397	·542	·700	·879	1·093	1·372	1·812	2·228	2·764	3·169
11	·129	·260	·396	·540	·697	·876	1·088	1·363	1·796	2·201	2·718	3·106
12	·128	·259	·395	·539	·695	·873	1·083	1·356	1·782	2·179	2·681	3·055
13	·128	·259	·394	·538	·694	·870	1·079	1·350	1·771	2·160	2·650	3·012
14	·128	·258	·393	·537	·692	·868	1·076	1·345	1·761	2·145	2·624	2·977
15	·128	·258	·393	·536	·691	·866	1·074	1·341	1·753	2·131	2·602	2·947
16	·128	·258	·392	·535	·690	·865	1·071	1·337	1·746	2·120	2·583	2·921
17	·128	·257	·392	·534	·689	·863	1·069	1·333	1·740	2·110	2·567	2·898
18	·127	·257	·392	·534	·688	·862	1·067	1·330	1·734	2·101	2·552	2·878
19	·127	·257	·391	·533	·688	·861	1·066	1·328	1·729	2·093	2·539	2·861
20	·127	·257	·391	·533	·687	·860	1·064	1·325	1·725	2·086	2·528	2·845
21	·127	·257	·391	·532	·686	·859	1·063	1·323	1·721	2·080	2·518	2·831
22	·127	·256	·390	·532	·686	·858	1·061	1·321	1·717	2·074	2·508	2·819
23	·127	·256	·390	·532	·685	·858	1·060	1·319	1·714	2·069	2·500	2·807
24	·127	·256	·390	·531	·685	·857	1·059	1·318	1·711	2·064	2·492	2·797
25	·127	·256	·390	·531	·684	·856	1·058	1·316	1·708	2·060	2·485	2·787
26	·127	·256	·390	·531	·684	·856	1·058	1·315	1·706	2·056	2·479	2·779
27	·127	·256	·389	·531	·684	·855	1·057	1·314	1·703	2·052	2·473	2·771
28	·127	·256	·389	·530	·683	·855	1·056	1·313	1·701	2·048	2·467	2·763
29	·127	·256	·389	·530	·683	·854	1·055	1·311	1·699	2·045	2·462	2·756
30	·127	·256	·389	·530	·683	·854	1·055	1·310	1·697	2·042	2·457	2·750
∞	·12566	·25335	·38532	·52440	·67449	·84162	1·03643	1·28155	1·64485	1·95996	2·32634	2·57582

Les tables de Fisher.

Les Tables de Fisher indiquent les valeurs de t situées aux divers niveaux de signification pour les différents nombres de degrés de liberté ($n = N-1$). Le niveau de signification de 0,05 se trouve situé :

Pour les échantillons suffisamment nombreux à $t = 2$;
Pour les échantillons de 10 ($n = 9$) ....à $t = 2,3$;
Pour les échantillons de 5 ($n = 4$) ....à $t = 2,8$;
Pour les échantillons de 3 ($n = 2$) ....à $t = 4,3$;
Pour les échantillons de 2 ($n = 1$) ....à $t = 12,7$.

La distribution de t diffère notablement de la distribution normale dès que n devient inférieur à 20.

Dans la pratique de la Pathologie végétale, ce qui nous importe le plus souvent c'est de savoir si deux échantillons diffèrent significativement par leurs moyennes, ou s'ils peuvent être considérés, aux erreurs d'échantillonnage près, comme tirés au hasard d'une même population.

Soient :

$x_1 x_2 x_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots x_{n_1} + 1$ la série x
$x'_1 x'_2 x'_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots x'_{n_2} + 1$ — x'.

Dans l'hypothèse où nous supposons que les deux séries x et x' correspondent à deux échantillons d'une même population, ce que nous nous proposons de savoir, c'est si $\bar{x}-\bar{x}'$ diffère significativement de o;

Si nous supposons les deux échantillons comme provenant d'une population homogène, $S_1 = S_2$:

$$S^2_{\bar{x}-\bar{x}'} = \sigma^2 \left[\frac{n_1 + n_2 + 2}{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}\right]$$

d'où :

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{x}'}{\sigma} \sqrt{\frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{n_1 + n_2 + 2}}.$$

Mais puisque nous ne connaissons pas σ cette formule est inapplicable.

Au lieu du paramètre σ, force nous est d'employer la constante statistique correspondante S.

Les moyennes $\bar{x}$ se calculent par la méthode habituelle; quant à S on en estime

la valeur en faisant la somme des « sommes des carrés » et en divisant cette somme par le nombre total des degrés de liberté $n_1 + n_2$, soit :

$$S^2 = \frac{1}{n_1 + n_2}\left[\int(x-\bar{x})^2 + \int(x'-\bar{x}')^2\right]$$

d'où :

$$t = \frac{\bar{x}-\bar{x}'}{S}\sqrt{\frac{(n_1+1)(n_2+1)}{n_1+n_2+2}}$$

où :

$$n = n_1 + n_2.$$

Calcul t du critérium de Fisher.

Pour trouver t :

1° Diviser $\bar{x}$-x' par la déviation standard estimée S ;

2° Compenser l'erreur d'estimation en faisant :

n = égal au nombre de degrés de liberté, c'est-à-dire $n = n_1 + n_2$.

Ainsi, nous généralisons la méthode de Student (erreur d'une moyenne) à la comparaison des moyennes de 2 échantillons.

Comparaison de deux moyennes.

(Extension de la méthode de Student : Fisher, loc. cit. p. 120.)

Soient deux lots d'échantillons :

$x_1, x_2 \ldots\ldots\ldots\ldots x_{n_1+1}$ moyenne $\bar{x}$, déviation standard S_1

$x'_1, x'_2 \ldots\ldots\ldots\ldots x'_{n_2+1}$ moyenne $\bar{x}'$, déviation standard S_2

(1) $$\bar{x} = \frac{1}{n_1+1} S(x)$$

(2) $$\bar{x}' = \frac{1}{n_2+1} S(x')$$

(3) $$S^2 = \frac{1}{n_1+n_2}\left[S(x-\bar{x})^2 + S(x'-\bar{x}')^2\right]$$

$$t = \frac{\bar{x}-\bar{x}'}{S}\sqrt{\frac{(n_1+1)(n_2+1)}{n_1+n_2+2}}$$

$$n_1 \neq n_2$$

$$n = n_1 + n_2.$$

Les moyennes $\bar{x}$ et $\bar{x}'$ se calculent par les méthodes usuelles.

La déviation standard σ s'estime en bloquant ensemble les sommes des carrés des déviations correspondant aux deux échantillons et en divisant par le nombre total des degrés de liberté.

Si σ représente la déviation standard vraie (de la population infinie) :

La variance de la première moyenne est :

$$\frac{\sigma^2}{n_1+1}$$

La variance de la deuxième moyenne est :

$$\frac{\sigma^2}{n_2+1'}$$

Celle de la différence :

$$\sigma^2_{\bar{x}-\bar{x}'} = \sigma^2\left(\frac{1}{n_1+1}\,\frac{1}{n_2+1}\right).$$

En fait, nous ne connaissons pas σ ; pratiquement, nous calculons les variances :

$\frac{S_1^2}{n_1+1}$ de la première moyenne, $\frac{S_2^2}{n_2+1}$ de la deuxième moyenne.

1° Si l'on néglige le terme contenant le coefficient de corrélation r entre les variants x et x', la variance de la différence des 2 moyennes est donnée par la formule (1) :

$$\frac{S_1^2}{n_1+1}+\frac{S_2^2}{n_2+1}$$

ou, en d'autres termes, en considérant la différence $\bar{d} = (x)\text{-}(x)'$.

$$S_d^2 = S_1^2 + S_2^2;$$

2° Comme il y a $(n_1+1)\,(n_2+1)$ termes dans la série $d = (x)+(x)'$, la déviation standard de la moyenne $\bar{d}$ est donnée par la formule (2) :

$$\frac{S_d^2}{(n_1+1)(n_2+1)} = \frac{S_1^2+S_2^2}{(n_1+1)(n_2+1)}.$$

La différence des résultats exprimés en (1) et (2) met en évidence l'illégitimité de l'omission du terme correspondant au coefficient de corrélation.

La Méthode de Student apparie des séries parallèles telles que (r) ait une valeur positive définie, et que l'erreur standard de la différence s'en trouve diminuée. (Tippett, l. c., p. 180.)

De plus l'intégration des variations, pour l'estimation de la variance, a pour conséquence une exagération de la valeur de t, *lorsque les deux populations parmi lesquelles les*

échantillons sont prélevés, diffèrent quant à leur variance. Par conséquent, si la valeur calculée de t est significative, les échantillons correspondent réellement à deux populations différentes. Théoriquement, cette différence pourrait tenir à la différence des variances des populations, non à celles des moyennes. L'hypothèse que les deux échantillons sont tirés d'une même population, implique l'hypothèse que deux variances sont égales. C'est le rôle du critérium t de permettre de la critiquer.

§ 4. Application de la méthode de Student à la critique statistique d'une moyenne.

Dans une vigne, le « court-noué » se propage plus rapidement le long d'un rang que d'un rang à l'autre ; la variance entre ceps d'une rangée doit donc être moindre que la variance entre ceps de rangées différentes. Enfin, quoique sur un même cep un sarment puisse se montrer court-noué, tandis qu'un autre continue de croître presque normalement, nous devons en général prévoir une étroite corrélation entre les longueurs des mérithalles homologues des sarments d'un même cep.

Dans une vigne, mesurons la longueur des 3ᵉ et des 4ᵉ mérithalles :

1° Sur les sarments A et B des 33 ceps du rang 9 (où le court-noué se manifeste d'une façon assez générale) ;

2° Sur les sarments A et B des 33 ceps du rang 5 (où le court-noué est moins manifeste).

Apparions nos observations selon la méthode de Student ; inscrivons successivement les différences de longueur d'entre-nœud pour chaque paire d'observations suivantes :

1°, Sarment A et sarment B de chaque cep du rang 9 ; 2°, cep de rang impair (1, 3, ... 31) et cep de rang pair (2, 4, ... 34) du rang 9 ; 3°, cep 1, 2, ... 33 du rang 9 et cep 1, 2, ... 33 du rang 5.

Chaque série de 33 différences forme une distribution ; si cette distribution est normale, le quotient par n de la somme des différences, qui représente la moyenne de la distribution, doit (par définition) être nul, aux erreurs d'échantillonnage près.

Le critérium Z de Student ou le critérium t de Fisher permettent de savoir si l'écart trouvé pour chaque distribution entre la moyenne observée et sa valeur théorique (zéro) peut, statistiquement, être attribuée au hasard.

Calculons la variance σ^2 selon la formule classique, c'est-à-dire en calculant ΣD^2 et en formant le quotient $\frac{\Sigma D^2}{N}$.

Le critérium Z de Student se calcule selon la formule :

$$Z = \frac{\frac{\Sigma D}{N}}{\sqrt{\frac{\Sigma (D^2)}{n} - \left(\frac{\Sigma D}{N}\right)^2}} = \frac{d}{\sqrt{\frac{S(x-x)^2}{N}}}.$$

La probabilité des valeurs de Z se lit dans les Tables de Love.

Critiquons statistiquement les mêmes résultats, non plus avec le critérium Z de Student mais avec le critérium t de Fisher.

$$t = \frac{\frac{1}{n}\Sigma(x-\bar{x})}{\sqrt{\frac{S^2}{n'}}}$$

où n' représente le nombre de degrés de liberté ; formons la somme des déviations, calculons la variance par la méthode classique.

1° Pour la première distribution de différences la moyenne est :

$$m = \frac{9}{33} = 0,27; \quad \sigma = \sqrt{11,1} = 3,33 \qquad t = \frac{0,27}{\sqrt{\frac{11,1}{32}}} = 0,45.$$

Or, les tables de t de Fisher indiquent que pour 32 degrés de liberté, le seuil de probabilité de 0,5 correspond à $t = 0,683$ et que la valeur observée (0,45) correspond à une valeur de $P = 0,60$; c'est-à-dire que, sur 100 essais, nous aurions 60 chances de trouver du fait du hasard seul une moyenne déviant de 0 de plus de 0,27 ;

2° Pour la seconde distribution, la moyenne :

$$m = \frac{11}{14} = 0,78; \quad \sigma = \sqrt{\frac{196}{14} - 0,6} = \sqrt{13,4} = 3,7; \quad t = \frac{0,78}{\sqrt{\frac{13,4}{13}}} = 0,75.$$

La table de t de Fisher indique que, pour $n' = 13$, le seuil de probabilité 0,1 est situé à $t = 3$, le seuil de 0,5 à $t = 0,694$; la valeur de $t = 0,75$ correspond à une probabilité très voisine du seuil de 0,5 ; elle peut être considérée comme significative, si l'on adopte strictement le seuil de 0,5, mais il paraît plus légitime de considérer la distribution comme normale et la population comme homogène.

3° La 3ᵉ distribution appariant, de façon tout à fait arbitraire, les ceps des deux rangées 9 et 5, représente une utilisation illogique de la méthode de Student. Cependant nous en indiquons les résultats :

$$m = 1,8; \quad \sigma = \sqrt{\frac{396}{32} - 3,25} = \sqrt{9,2} = 3,1; \quad t = \frac{1,8}{\sqrt{\frac{12,4}{31}}} = 4,5.$$

Or, pour $n' = 31$, les tables de t de Fisher indiquent que le seuil de probabilité de 0,01 correspond à une valeur de $t = 2,75$; la valeur trouvée pour t (4,5) étant

très supérieure, est très significative, et la distribution correspond à une population hétérogène comme il fallait le prévoir.

RANG 9. DIFFÉRENCES ENTRE BRAS A ET BRAS B.		DIFFÉRENCES ENTRE CEPS DE NUMÉROS PAIRS ET IMPAIRS.		DIFFÉRENCES ENTRE CEPS DE RANG 9 ET RANG 5.	
D.	D^2.	D.	D^2.	D.	D^2.
3	9	7	49	5	25
2	4	3	9	3	9
3	9	7	49	3	9
9	81	3	9	5	25
2	4	1	1	1	1
3	9	1	1	0	0
7	49	1	1	5	25
3	9	7	49	1	1
4	16	0	0	7	49
2	4	2	4	1	1
5	25	2	4	0	0
6	36	3	9	6	36
3	9	1	1	2	4
3	9	3	9	4	16
2	4	1	1	1	1
0	0			1	1
3	9			1	1
8	64			0	0
1	1			6	36
1	1			0	0
0	0			1	1
0	0			7	49
1	1			2	4
2	4			3	9
1	1			0	0
3	9			4	16
2	4			0	0
2	4			4	16
2	4			1	1
0	0			3	9
3	9			5	25
0	0			4	16
1	1				
$\Sigma D = -9$	$\Sigma D^2 = 389$	$\Sigma D = 11$	$\Sigma D^2 = 196$	$\Sigma D = 59$	$\Sigma D^2 = 396$

Rang 9 (bras A et bras B): $M = 0{,}27;\ \sigma = \sqrt{11{,}1} = 3{,}33$

Ceps de numéros pairs et impairs:

$$M = \frac{11}{14} = 0{,}78$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{196}{14} - 0{,}6} = \sqrt{14 - 0{,}6} = \sqrt{13{,}4} = 3{,}7$$

Ceps de rang 9 et rang 5:

$$M = \frac{59}{32} = 1{,}8$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{396}{32} - 3{,}25} = 3{,}4$$

$$Z = \frac{1{,}8}{\sqrt{\frac{9}{32}}} = \frac{1{,}8}{0{,}70} = 2{,}5$$

2. Application de la méthode de Student modifiée par Love[1].

§ 1. Méthode de Student modifiée par Love.

Depuis quelques années, les expérimentateurs appartenant aux disciplines les plus diverses se rendent compte de l'importance de l'« erreur expérimentale » dans l'évaluation de résultats numériques expérimentaux.

Mais beaucoup pensent encore que les méthodes statistiques permettant de calculer la variance (σ^2), l'écart type « Standard déviation » (σ) ou l'erreur probable ($E = 0,6745\sigma$) ne sont applicables qu'aux cas mettant en jeu un très grand nombre de variants : les généticistes étudiant de nombreux génotypes comme produits de disjonction de leurs hybrides ont su faire de la statistique un précieux instrument de travail; mais des agronomes ont été découragés parce que, essayant d'utiliser le concept de l'erreur probable à la critique des différences de récoltes obtenues sur parcelles comparatives, ils n'obtenaient pas de différences statistiquement significatives, alors que leur sens agronomique leur révélait des différences réelles de rendement.

C'est que ces agronomes ont eu le tort d'appliquer à l'étude statistique de leurs problèmes des formules empiriques telles que celle de Bessel ou de Peter, et, pour appliquer ces formules, de grouper leurs résultats selon un mode arbitraire, sans signification objective.

Soit par exemple à comparer deux séries d'observations affectées chacune de coefficient de dispersion élevé, du fait que l'expérience s'est poursuivie pendant plusieurs années, ou au contraire s'est étendue sur une multitude de sols différents, ou sous des climats différents.

Les méthodes des sciences physiques, qui permettent de faire varier une seule variable à la fois, en maintenant les autres pratiquement constantes et qui permettent, par abstraction, de ramener des rapports de corrélation à un rapport de causalité, ne peuvent s'appliquer ici.

Un physicien peut admettre que, dans certaines conditions qu'il peut déterminer et reproduire assez fidèlement, la vitesse de la lumière est déterminée par une certaine valeur μ_x, dont il peut se proposer de fixer le chiffre, avec le degré d'approximation qu'il lui plaît de rechercher. De cette valeur théorique μ_x, une centaine de mesures fourniront 100 approximations distribuées autour de la valeur vraie selon la loi normale des erreurs. Cette distribution, par le calcul de σ_μ et de l'erreur probable de la moyenne, permet de calculer les limites entre lesquelles la valeur vraie a 1 chance contre 1, 30 contre 1, 100 contre 1 de se trouver.

(1) H. H. Love et A. M. Brunson : Student's méthod for interpreting paired experiments. *Journ. Americ. Soc. agron.*, 16, 60-68, 1924.

(2) H. H. Love : A modification of Student's table for use in interpreting experimental results. *Ibid.* 69-75.

Une valeur, définie par sa moyenne et son erreur probable, peut être comparée à une autre valeur (également définie par sa valeur moyenne et son erreur probable) obtenue dans des conditions différentes, et la signification de la différence entre ces deux valeurs peut être statistiquement définie.

Bien au contraire, au rendement «moyen» ou telle caractéristique «moyenne» d'une certaine variété de plante, ou d'une culture en un certain sol, ou sous l'influence d'une certaine fumure, ou sous un certain climat, ne correspond aucune valeur «correcte» «vraie» ou «absolue», c'est-à-dire aucune valeur qui puisse être définie par la valeur de sa moyenne et celle de son erreur expérimentale, ou telle autre caractéristique (poids de l'hectolitre de grains. . .).

Le «rendement» dépend d'un complexe de facteurs dont quelques-uns dépendent, imparfaitement et incomplètement, du contrôle de l'agronome, mais dont la plupart échappent entièrement à l'influence humaine. C'est ce qu'oublient les auteurs qui attribuent une valeur définie aux moyennes des rendements ou à des caractéristiques de séries de parcelles comparatives.

Cette moyenne représente l'intégration des effets d'une série de variables, et ne peut exprimer que la moyenne autour de laquelle fluctuent les variables.

Par exemple, pour chaque année successive, les rendements représentent autant d'entités séparées, dépendant à la fois des conditions météorologiques et de la fertilité des parcelles.

Ce serait donc une erreur que de considérer les différences d'année à année comme de simples fluctuations, autour d'un rendement «absolu», par suite d'erreurs d'échantillonnage (errors of random sampling).

Mais ce qui importe dans les essais comparatifs, c'est la comparaison des rendements de deux variétés cultivées dans des conditions aussi identiques que possible, ou la comparaison de deux lots d'une même variété, cultivés dans des conditions différant si possible par un facteur, effectivement, ou du fait de l'«analyse de la variance».

Les valeurs absolues des rendements importent peu; c'est l'excès d'un des rendements sur l'autre qui renseigne sur les mérites respectifs des variétés ou des modes de culture; c'est, statistiquement, le gain moyen du rendement d'un lot sur le rendement de l'autre et le degré de constance de ce gain.

En d'autres termes, le problème se ramène à apparier les résultats de chaque année dans l'ordre où ils sont obtenus.

Les formules de Peter ou de Bessel ne tiennent pas compte de ce groupement par paires, et le degré de signification qu'elles indiquent est indépendant de l'ordre de rendement dans les deux colonnes.

On obtiendrait la même différence de rendement, affectée de la même erreur probable, pour les rendements groupés arbitrairement sans tenir compte de leur ordre chronologique; or, ce groupement arbitraire ferait disparaître la signification agronomique des résultats.

Du point de vue agronomique, la comparaison des rendements serait plus facile, si les saisons des années de cultures successives, ayant été identiques, avaient permis à chaque variété de fournir, chaque année, à peu près le même rendement;

cependant l'erreur probable de chaque moyenne et par conséquent celle de leur différence eussent été diminuées de telle sorte que cette différence, tout en gardant la même valeur, devienne statistiquement significative.

Cette hypothèse « qu'il existe une valeur moyenne définie pour chaque variété, et chaque mode de traitement » est non seulement dépourvue de fondement, mais encore elle est contraire à la notion statistique de « tendance ».

En appliquant la formule de Bessel, ou de Peter, l'agronome admet implicitement : 1° qu'il existe une valeur moyenne définie pour chaque variété ou chaque mode de traitement; 2° que les déviations de ce rendement, dues aux différences dans le temps et dans l'espace, sont des erreurs d'échantillonnage; 3° que le degré de parallélisme entre les paires d'observations n'importe pas dans l'appréciation du degré de signification d'une différence.

Autant d'illogismes dont est exempte la « Méthode de Student » qui, tenant compte du parallélisme des observations appariées, permet de peser statistiquement la valeur et le degré de constance des gains individuels, pour estimer la « signification » de la différence moyenne.

Les différences, calculées par la méthode de Student, représentent les différences M-D, entre « les gains annuels D d'une variété sur l'autre » et le « gain moyen M » au cours des N années de comparaison. Les valeurs de P correspondant aux valeurs de Z ont été publiées par l'auteur anonyme dans son mémoire original de 1908 [1] et reproduites par Pearson dans ses *Tables for Staticians and Biometricians.*

L'erreur probable de la différence selon student : $Z = \dfrac{\frac{\Sigma D}{N}}{\sqrt{\frac{\Sigma D^2}{N} - \left(\frac{\Sigma D}{N}\right)^2}}$

peut se calculer directement à partir des valeurs « gains D d'une des variétés sur l'autre au cours des années successives » : 1° en élevant chaque valeur D, au carré, et en faisant la somme des carrés puis le quotient par N; 2° en retranchant de ce quotient le carré de la différence moyenne $\frac{(\Sigma D)^2}{N}$.

La méthode de Student met en évidence le peu de chance pour que des différences agronomiquement appréciables, convenablement appariées, soient l'effet du hasard.

L'exemple (p. 199) montre que si la même variété 284 avait occupé les deux parcelles en comparaison au cours des N années successives (au lieu que 284 occupe une parcelle et 422 l'autre), il y aurait dix chances contre une de voir apparaître la différence observée.

Les résultats obtenus par la méthode de Student dépendent largement de l'appariage des valeurs à comparer deux à deux et en quoi réside l'intérêt des résultats expérimentaux. Cette méthode reconnaît la nécessité de comparer les observations faites dans des conditions identiques aussi semblables que possible.

La méthode de Student n'est pas d'application universelle; elle ne doit pas être

[1] Student, *Biometrika,* 6, 1-25, 1908; *ibid.,* 11, 414-417, 1917.

appliquée quand les observations ne s'apparient pas logiquement, comme résultats d'expérience.

Par exemple, pour des plantes réparties en un certain nombre de pots en terre il n'y a pas de raison d'apparier un certain pot d'une série avec un certain pot d'une autre série, à moins que la similitude des conditions ait été plus grande pour les deux pots que pour l'ensemble des pots.

Théoriquement, la méthode de STUDENT permet de calculer la signification de deux paires d'expériences, mais il convient alors d'être très prudent dans l'interprétation de résultats d'expériences aussi limitées.

De même que pour les autres criteria des fluctuations dues aux erreurs d'échantillonnage, une stricte interprétation numérique des constantes déterminées pour un petit nombre de variants peut conférer une fallacieuse impression de signification objective des résultats. Le mémoire original indique d'ailleurs que la méthode appliquée à un nombre très réduit de variants indique une probabilité excessive :

Les méthodes biométriques doivent être judicieusement appliquées, et les résultats expérimentaux doivent être groupés logiquement et interprétés avec intelligence.

Les résultats numériques publiés par M. MIÈGE comme « contribution à l'étude de la valeur boulangère des blés, en 1933 », nous apparaissent se prêter particulièrement bien à une critique statistique par la méthode de STUDENT, modifiée par LOVE. Nous sommes heureux de remercier ici le professeur LOVE, de qui nous fûmes l'élève à la Cornell University, en 1928-1929, d'avoir bien voulu nous communiquer certaines de ses publications, auxquelles nous avons emprunté l'essentiel du précédent exposé de la méthode de STUDENT et les Tables de Z.

Nous désirons également remercier M. VEZIAN qui a bien voulu revoir notre exposé et nous a fait profiter de précieuses remarques.

La distribution de STUDENT *compare deux à deux des valeurs liées par une corrélation positive et réparties selon deux séries parallèles.*

Supposons que pour étudier l'influence de la potasse sur le poids spécifique des blés du Maroc :

1° Nous cultivions un échantillon du blé 335 sur une parcelle (A) sans engrais, un autre échantillon sur une parcelle (B) recevant de l'azote, de l'acide phosphorique sans potasse et enfin un autre sur une troisième parcelle (C) recevant azote, acide phosphorique, plus potasse ; que nous répétions la même expérience pour 9 autres variétés de blés et que nous comparions les résultats 2 à 2 selon la Méthode de STUDENT, pour A par rapport à B, ou B par rapport a C ;

2° Que nous cultivions, sur les 30 parcelles (A) + (B) + (C), 30 variétés de blé différentes, et que nous comparions les résultats obtenus sur les 10 parcelles A aux 10 résultats obtenus sur les 10 parcelles C et les 10 résultats obtenus sur les parcelles B aux 10 résultats obtenus sur les 10 parcelles C.

Du même nombre de 30 observations, nous pouvons espérer des résultats moins précis dans le deuxième cas que dans le premier, car il est, *a priori*, probable que les variations variétales de poids spécifiques sous l'influence de l'engrais sont corréla-

tives l'une de l'autre. C'est-à-dire que le mode de réaction du blé 335, vis-à-vis de la présence de : azote, acide phosphorique, sans potasse (par rapport à l'absence de tout engrais) est plus voisin de son mode de réaction à la présence d'azote, acide phosphorique et potasse, que ne le serait le mode de réaction d'un autre blé quelconque.

La Méthode de Student nous permet de mettre en valeur l'importance de la comparaison 2 à 2 d'un nombre suffisant d'observations convenablement appariées, valeur qui tient, non seulement à ce que la déviation standard d'une moyenne diminue en fonction inverse de la racine carrée du nombre des couples d'observations appariées, mais encore à ce que l'exactitude de notre estimation de la déviation étalon augmente en même temps.

L'association des observations, non plus seulement par couples, mais par triplets, nous permettrait d'attacher la même signification statistique à des différences sept fois plus petites (Fisher, *Statistical Methods,* p. 123).

La confiance à attribuer à un résultat ne dépend pas seulement de la valeur moyenne obtenue, mais du degré d'accord entre les expériences appariées, successives.

C'est lorsque chaque observation d'une série correspond, à un point de vue quelconque, à une certaine observation de la seconde série, qu'il est légitime de faire les différences et d'éprouver leur signification statistique en considérant l'ensemble des différences comme un échantillon unique extrait d'une population.

Mais, cette façon de procéder n'est légitime, ou du moins, ne permet une comparaison plus précise, qu'autant que les valeurs, qui se correspondent dans les deux séries, sont liées par une corrélation positive assez forte pour que soit contrebalancée la perte de précision qu'entraîne l'estimation de la variance sur un plus petit nombre de degrés de liberté (Fisher, 124).

La Méthode de Student permet de calculer la signification d'une série comprenant deux paires d'observations seulement, mais il faut être très prudent en tirant des conclusions d'expériences ne mettant en jeu qu'un petit nombre de répétitions. Comme toute autre mesure de fluctuations, une interprétation strictement numérique des constantes déterminées sur une population restreinte peut conférer une impression trompeuse de sécurité.

Soit, par exemple, cette double comparaison de 2 variétés :

	A.	B.	GAIN.	D.	D^2.
Rendement	24,5	24,0	0,5	0	0
	27,0	26,5	0,5	0	0

M = 0,5 $\sigma = 0$ $Z = \frac{0,5}{0}$ P = 1.000

Chances infinies.

Il n'en est pas moins vrai que, convenablement employée, la Méthode de Student est particulièrement applicable à l'interprétation des phénomènes agronomiques

et mérite une diffusion encore plus grande que celle dont elle jouit déjà (Love 1924).

Tables de Z (Student-Love)
reproduites avec la permission du Dr Love.

Z.	$n=2$.	$n=3$.	$n=4$.	$n=5$.	$n=6$.	$n=7$.	$n=8$.	$n=9$.	$n=10$.
0,10	1,14	1,22	1,29	1,35	1,40	1,46	1,50	1,55	1,59
0,15	1,21	1,35	1,46	1,56	1,66	1,75	1,83	1,92	2,00
0,20	1,29	1,49	1,66	1,82	1,97	2,12	2,26	2,41	2,55
0,25	1,37	1,64	1,88	2,10	2,32	2,54	2,75	2,97	3,19
0,30	1,46	1,81	2,13	2,44	2,76	3,08	3,41	3,75	4,11
0,35	1,54	1,98	2,40	2,81	3,24	3,68	4,14	4,62	5,13
0,40	1,64	2,18	2,72	3,27	3,85	4,48	5,15	5,88	6,67
0,45	1,73	2,39	3,05	3,75	4,51	5,33	6,24	7,24	8,34
0,50	1,84	2,62	3,44	4,35	5,36	6,50	7,80	9,26	10,90
0,55	1,94	2,85	3,85	4,97	6,25	7,72	9,42	11,40	13,60
0,60	2,05	3,12	4,33	5,75	7,42	9,42	11,80	14,60	18,00
0,65	2,16	3,39	4,82	6,54	8,62	11,20	14,20	17,90	22,50
0,70	2,27	3,69	5,41	7,55	10,20	13,60	17,80	23,10	29,80
0,75	2,39	3,99	5,99	8,55	11,80	16,00	21,40	28,30	37,20
0,80	2,51	4,33	6,70	9,82	14,00	19,50	26,80	36,50	49,30
0,85	2,62	4,66	7,39	11,10	16,10	22,90	32,10	44,50	61,10
0,90	2,75	5,04	8,22	12,70	18,90	27,70	40,00	57,10	81,00
0,95	2,87	5,41	9,03	14,20	21,70	32,40	47,80	69,40	100,00
1,00	3,00	5,83	10,00	16,20	25,50	39,20	59,20	89,10	132,00
1,05	3,12	6,24	11,00	18,20	29,10	45,70	70,40	108,00	163,00
1,10	3,26	6,69	12,10	20,60	34,00	54,90	87,50	138,00	216,00
1,15	3,39	7,13	13,20	22,90	38,70	63,50	103,00	166,00	262,00
1,20	3,52	7,63	14,50	25,90	44,90	75,90	127,00	212,00	344,00
1,25	3,65	8,11	15,70	28,80	50,80	87,50	151,00	255,00	416,00
1.30	3,79	8,64	17,20	32,30	58,50	104,00	184,00	322,00	555,00
1,35	3,92	9,16	18,60	35,80	66,10	119,00	216,00	384,00	666,00
1,40	4,07	9,74	20,30	40,00	75,90	142,00	262,00	475,00	908,00
1,45	4,20	10,30	21,90	44,00	85,20	163,00	302,00	555,00	1110,00
1,50	4,34	10,90	23,90	49,00	98,00	191,00	369,00	713,00	1428,00
1,55	4,48	11,50	25,70	53,90	109,00	216,00	434,00	832,00	1666,00
1,60	4,62	12,20	27,70	60,00	124,00	255,00	525,00	999,00	1999,00
1,65	4,76	12,80	29,80	65,70	138,00	285,00	587,00	1110,00	2499,00
1,70	4,91	13,50	32,20	72,50	158,00	332,00	713,00	1428,00	3332,00
1,75	5,05	14,20	34,50	79,00	174,00	369,00	832,00	1666,00	3332,00
1,80	5,20	14,90	37,00	86,70	199,00	434,00	999,00	1999,00	4999,00
1,85	5,34	15,60	39,50	94,20	216,00	499,00	1110,00	2499,00	4999,00
1,90	5,49	16,40	42,50	103,00	243,00	587,00	1249,00	3332,00	9999,00
1,95	5,63	17,10	45,10	111,00	269,00	624,00	1428,00	3332,00	
2,00	5,78	17,90	48,30	122,00	302,00	713,00	1666,00	4999,00	
2,05	5,92	18,70	51,40	132,00	332,00	768,00	1999,00	4999,00	
2,10	6,07	19,60	54,90	144,00	369,00	908,00	2499,00	4999,00	
2,15	6,21	20,40	58,20	155,00	399,00	999,00	2499,00	4999,00	
2,20	6,36	21,30	61,90	168,00	454,00	1249,00	3332,00	9999,00	
2,25	6,51	22,10	65,20	181,00	499,00	1249,00	3332,00		
2,30	6,66	23,10	69,40	199,00	555,00	1428,00	4999,00		
2,35	6,81	24,00	73,10	212,00	587,00	1666,00	4999,00		
2,40	6,96	25,00	77,70	232,00	666,00	1999,00	4999,00		
2,45	7,10	25,90	81,60	249,00	713,00	1999,00	4999,00		
2.50	7,26	26,90	86,70	269,00	768,00	2499,00	4999,00		
2,55	7,40	27,90	91,60	285,00	832,00	2499,00	4999,00		
2,60	7,55	29,00	97,00	302,00	908,00	2499,00	9999,00		
2,65	7,70	30,10	102,00	322,00	999,00	2499,00			
2,70	7,86	31,20	108,00	356,00	1110,00	3332,00			
2,75	8,00	32,20	113,00	369,00	1110,00	3332,00			

Z.	n = 11.	n = 12.	n = 13.	n = 14.	n = 15.	n = 16.	n = 17.	n = 18.	n = 19.
0,10	1,64	1,68	1,72	1,76	1,80	1,84	1,88	1,92	1,96
0,15	2,08	2,16	2,24	2,31	2,39	2,47	2,54	2,62	2,69
0,20	2,70	2,84	2,99	3,14	3,29	3,44	3,60	3,75	3,91
0,25	3,41	3,64	3,87	4,11	4,36	4,60	4,86	5,12	5,39
0,30	4,48	4,86	5,27	5,69	6,13	6,59	7,08	7,59	8,12
0,35	5,67	6,24	6,84	7,47	8,15	8,86	9,62	10,40	11,30
0,40	7,53	8,45	9,47	10,60	11,80	13,10	14,50	16,00	17,70
0,45	9,54	10,90	12,30	13,90	15,70	17,70	19,80	22,20	24,80
0,50	12,80	14,90	17,30	20,10	23,30	26,80	30,80	35,40	40,70
0,55	16,20	19,20	22,70	26,70	31,30	36,50	42,70	49,50	57,50
0,60	22,00	26,80	32,40	39,30	47,30	56,80	68,40	81,60	98,00
0,65	27,90	34,60	42,50	52,20	63,90	77,70	95,20	115,00	140,00
0,70	38,10	48,50	61,50	77,70	99,00	124,00	155,00	195,00	249,00
0,75	48,30	62,70	81,00	104,00	134,00	171,00	216,00	277,00	356,00
0,80	66,10	88,30	118,00	158,00	207,00	277,00	356,00	475,00	624,00
0,85	83,70	114,00	155,00	207,00	277,00	369,00	499,00	666,00	908,00
0,90	114,00	160,00	226,00	311,00	434,00	587,00	832,00	1110,00	1666,00
0,95	144,00	207,00	293,00	416,00	587,00	832,00	1110,00	1666,00	2499,00
1,00	195,00	293,00	434,00	624,00	908,00	1428,00	1999,00	3332,00	4999,00
1,05	243,00	369,00	555,00	832,00	1249,00	1999,00	2499,00	4999,00	4999,00
1,10	332,00	525,00	832,00	1249,00	1999,00	3332,00	4999,00	9999,00	9999,00
1,15	416,00	666,00	999,00	1666,00	2499,00	4332,00	4999,00		
1,20	555,00	908,00	1428,00	2499,00	3332,00	4999,00	9999,00		
1,25	713,00	1110,00	1666,00	3332,00	4999,00	4999,00			
1,30	999,00	1666,00	2499,00	4999,00	9999,00	9999,00			
1,35	1249,00	1999,00	3332,00	4999,00					
1,40	1666,00	3332,00	4999,00	9999,00					
1,45	1999,00	3332,00	4999,00						
1,50	2499,00	4999,00	9999,00						
1,55	2499,00	4999,00							
1,60	3332,00	9999,00							
1,65	3332,00								
1,70	4999,00								
1,75	4999,00								
1,80	9999,00								

Z.	n = 20.	n = 21.	n = 22.	n = 23.	n = 24.	n = 25.	n = 26.	n = 27.	n = 28.
0,10	2,00	2,03	2,07	2,11	2,15	2,18	2,22	2,26	2,29
0,15	2,77	2,84	2,92	2,99	3,07	3,14	3,22	3,30	3.37
0,20	4,08	4,24	4,41	4,58	4,76	4,94	5,12	5,31	5,50
0,25	5,66	5,94	6,23	6,52	6,83	7,14	7,46	7,79	8,12
0.30	8,68	9,27	9,89	10,50	11,20	11,90	12,70	13,50	14,30
0,35	12,20	13,10	14,10	15,20	16,30	17,50	18,70	20,10	21,50
0,40	19,50	21,50	23,70	26,00	28,60	31,40	34,30	37,80	41,20
0,45	27,70	30,70	34,20	38,10	42,10	46,60	51,60	57,10	63,10
0,50	46,40	53,10	60,70	69,40	79,00	89,90	102,00	117,00	132,00
0,55	66,60	77,10	89,10	103,00	118,00	136,00	155,00	181,00	207,00
0,60	117,00	140,00	166,00	199,00	237,00	277,00	332,00	399,00	475,00
0,65	168,00	203,00	243,00	302,00	356,00	434,00	525,00	624,00	768,00
0,70	302,00	384,00	475,00	624,00	768,00	999,00	1249,00	1666,00	1999,00
0,75	434,00	555,00	713,00	908,00	1110,00	1428,00	1999,00	2499,00	3332,00
0,80	832,00	1110,00	1428,00	1999,00	2499,00	3332,00	4999,00	9999,00	9999,00
0,85	1110,00	1428,00	1999,00	2499,00	3332,00	4999,00	4999,00		
0,90	1999,00	2499,00	3332,00	4999,00	9999,00	9999,00	9999,00		
0,95	3332,00	3332,00	4999,00	4999,00					
1,00	9999,00	9999,00	9999,00	9999,00					

§ 2. Application de la Méthode de Student à l'étude statistique des effets du climat et du sol sur les poids spécifiques des hybrides de blé cultivés par Miège au Maroc.

A. Soit à comparer les deux variétés de blé 284 et 422 du point de vue « poids spécifique ».

Tableau I.

Années.	Poids spécifique. 284.	422.	Gains D (284) – (422).	D^2.	
1928	78,50	0			$M = 1{,}638$,
1929	84,81	80,00	4,81	23,13	
1930	80,91	76,76	4.15	17,22	$\sigma = \sqrt{\frac{41{,}69}{5} - M^2}$,
1931	79.83	79,25	0,58	0,33	
1932	79,55	80,00	– 0.45	0,20	$\sigma = 2{,}37$.
1933	78,19	79,09	– 0,90	0,81	
			$M = 1{,}638$	41,69	

Si les deux variétés étaient identiques, *étant donné qu'elles ont été cultivées dans des conditions semblables,* les gains D devraient former une distribution de Bernoulli, dont la moyenne devrait être nulle. Or, la moyenne est 1.638. Cet écart 1.638 peut-il raisonnablement être attribué au hasard? Voilà le problème.

La distribution des gains D a pour déviation type présumée $\sigma = 2{,}37$. Si la déviation-type était prise pour unité, la moyenne trouvée 1,638 deviendrait :

$$Z = \frac{M}{\sigma} = \frac{1{,}638}{2{,}37} = 0{,}7.$$

Les tables de Love permettent de conclure de la valeur de Z qu'il y a sept chances contre une pour que l'excédent du poids spécifique de l'hybride 284 ne soit pas l'effet du hasard (86 chances p. 100).

On peut simplifier légèrement les calculs dans l'application de la méthode de Student. En effet :

$$\begin{aligned} (D - M)^2 &= D^2 - 2\,MD + M^2 \\ \Sigma(D - M)^2 &= \Sigma D^2 - 2\,M\,\Sigma D + nM^2 \quad , \text{ mais } \quad \Sigma D = nM \\ &= \Sigma D^2 - nM^2 \\ S^2 &= \frac{\Sigma(D-M)^2}{n} = \frac{\Sigma D^2}{n} - M^2. \end{aligned}$$

On n'a donc pas besoin de calculer la différence D – M.

Exemples :

	D.	D².	
Différences D des poids spécifiques des hybrides 284 et 422.	4,81	23,13	$\sigma^2 = \frac{41,69}{5} - (1,638)^2 = 8,33 - 2,68 = 5,65,$
	4,15	17,22	$\sigma = 2,37,$
	0,58	0,33	$Z = \frac{1,64}{2,37} = 0,7.$
	— 0,45	0,20	
	— 0,90	0,81	
TOTAL.......	M = 1,638	41,69	
Différences D des poids spécifiques des hybrides 284 et 353.	2,10	4,41	$\sigma^2 = \frac{118,04}{6} - (3,41)^2 = 19,67 - 11,63 = 8,04,$
	8,19	67,07	$\sigma = 2,83,$
	3,83	14,67	$Z = \frac{3,41}{2,83} - 1,20.$
	— 0,07	//	
	0,81	0,65	
	5,59	31,24	
TOTAL.......	M = 3,41	118,04	

B. Influence de la Station, continentale ou atlantique, sur le poids spécifique de blés 284 et 422 cultivés au Maroc (MIÈGE, 1933).

STATIONS.	POIDS SPÉCIFIQUES. 284.	422.	D. (Excès de 284 sur 422.)	(D — M).	(D — M)².
Casablanca	77,30	78,40	— 1,10	— 2,25	5,06
Mazagan	75,90	71,90	4,00	+ 2,85	8,12
Rabat	75,03	76,20	— 1,17	— 2,32	5,38
Marrakech	83,25	79,20	4,05	+ 2,90	8,41
Meknès	82,20	80,92	1,28	+ 0,13	0,01
Fez	80,37	79,70	0,67	— 0,48	0,23
Rharb	78,40	77,40	1,00	— 0,15	0,02
Marchand	80,10	78.90	1,20	+ 0,05	0,00
Tadla	75,00	71,40	3,60	+ 2,45	6,00
Taza	73,90	77,60	— 3,70	— 4,85	23.52
Maroc Oriental	82,00	79,17	2,83	+ 1,68	2,82
TOTAL	863,45	850,79	12,68		59,57

$M_{284} = \frac{863,45}{11} = 78,5;$ $M_{422} = \frac{850,79}{11} = 77.34;$ $\sigma = \sqrt{\frac{59,57}{11}} = 2,33;$

$M = \frac{12,68}{11} = 1,15;$ $Z = \frac{M}{\sigma} = \frac{1,15}{2,33} = 0,49.$

Pour cette valeur de Z, les tables de Love indiquent qu'il y a 22 chances contre une pour que l'excédent du poids spécifique du blé des hybrides 284 cultivés dans diverses stations du Maroc, ne soit pas le fait du hasard, mais soit dû aux caractères génétiques des hybrides 284.

Au lieu de déduire le critérium de probabilité de la distribution du «Z» de Student, nous pourrions le déduire de la distribution du «t» de Fisher.

Appelons $\bar{x}$ et $\bar{x}'$ les 2 moyennes à comparer :

où $$\bar{x} = \frac{1}{n_1+1} S(x) \qquad \bar{x}' = \frac{1}{n_2+1} S(x')$$

ici $$\bar{x} = \frac{1}{10+1}(77,30 + 75,90 + \ldots + 82,00) = 78,50$$

$$\bar{x}' = \frac{1}{10+1}(78,40 + \ldots\ldots\ldots + 79,17) = 77,34$$

$$\bar{x} - \bar{x}' = 1,16$$

$$S^2 = \frac{1}{n_1+n_2}\left[S(x-\bar{x})^2 + S(x'-\bar{x}')^2\right] = \frac{1}{20}(107,22 + 95,2) = 10$$

$$t = \frac{\bar{x}-\bar{x}'}{S}\sqrt{\frac{(n_1+1)(n_2+1)}{n_1+n_2+2}} = \frac{1,16}{3,16} \times \frac{121}{24} = 1,9.$$

pour $n = n_1 + n_2 = 22$, la table de t de Fisher indique que la valeur $t = 1,7$ correspond au seuil de probabilité 0,1 ; la valeur $t = 2$ au seuil de probabilité 0,05 ; la valeur 1,9 peut donc être considérée comme correspondant à une différence significative.

C. Pour juger statistiquement de l'excès de poids spécifique observé par Miège dans une station telle que Meknès nous pouvons également employer la Table de Student, modifiée par Livermore :

Excédent de Meknès :

$$MD = 2,63 \qquad (D - M)^2 = 50,72)$$

$$\sigma_{MD} = \sqrt{\frac{\Sigma(D-M)^2}{n'(n'-1)}} = \frac{\sqrt{50,72}}{\sqrt{90}} = \frac{7,1}{9,48} = 0,75$$

$$t = \frac{MD}{\sigma_{MD}} = \frac{2,63}{0,75} = 3,3$$

$$n = n' - 1 = 6.$$

La Table de Livermore indique qu'il y a 121 chances contre 1 que la différence soit significative.

Appliquons le critérium $t = \frac{x}{\sigma}$ de Livermore.

L'excès moyen de poids spécifique observé à Meknès est :

$$m = 2,63 \pm \sqrt{\frac{50,72}{6}} = 2,63 \pm 2,9.$$

Déterminons quelles sont les chances pour que la variance vraie σ_μ de cette moyenne μ (d'excès de poids spécifique) soit supérieure à une certaine valeur prédéterminée.

1° *Sens de la différence :* quelles sont les chances pour que le véritable excès moyen soit compris entre 0 et $+\infty$ (c'est-à-dire pour que $\mu > 0$). Entre 0 et m, la différence est $2,63 = x$.

$$\frac{x}{\sigma} = \frac{2,63}{2,90} = 0,9.$$

Pour $t = \frac{x}{\sigma} = 0,9$ et $df = 6$ (nombre des degrés de liberté), la Table de Livermore indique que les chances sont de 3,97 contre 1 que la vraie valeur moyenne de l'excès est comprise entre 0 et $+\infty$ ($\mu > 0$) c'est-à-dire que, dans les conditions expérimentales réalisées, l'influence du climat continental paraît *augmenter* le poids spécifique.

2° *Limites de valeur de la différence :* quelles sont les chances pour que l'augmentation de poids spécifique due au climat continental soit de l'ordre de *1 ou plus.* La différence entre l'excès observé 2,63 et l'excès considéré 1 est $1,63 = x$.

$$\frac{x}{\sigma} = \frac{1,63}{2,9} = 0,56.$$

Pour $t = 0,56$ et $df = 6$, la Table de Livermore indique que les chances sont 2,4 contre 1 que la différence de climat résultera en une différence d'au moins 1 dans les poids spécifiques.

Quelles sont les chances pour que la valeur vraie de l'augmentation due au climat continental soit comprise entre $m \pm 2$, c'est-à-dire entre 0,63 et 4,63?

$$\frac{x}{\sigma} = \frac{2}{2,9} = 0,70.$$

Pour $t = 0,70$ et $df = 6$, la Table de Livermore indique que les chances pour que se réalise une telle différence *dans une direction* sont 2,92 contre 1, par conséquent, les chances que cette différence se réalise dans l'une ou l'autre direction sont $\frac{2,92}{2} - 0,5$ soit, environ 1 contre 1. En effet, 2 représente ici les $\frac{2}{3}$ de σ, soit l'erreur probable.

D. *Influence de la nature du sol sur les Poids spécifiques des Blés cultivés au Maroc.*

Miège constate une « élévation du W et surtout de la teneur en gluten dans les terres riches à fond d'argile », mais il se défend de formuler des conclusions défi-

nitives, car «le rôle exclusif du sol n'a pu être absolument isolé et l'influence des autres facteurs (date, densité et nature du semis, humidité, assolement) n'a pu être que partiellement éliminée. C'est ici que l'analyse statistique des résultats permet de mieux dégager l'influence supposée du sol. Statistiquement, les chiffres empruntés au « tableau 19 », correspondant à des échantillons prélevés sur des terres différentes d'une même région et soumises à des façons aussi semblables que possible, signifient que, pour les hybrides à poids spécifiques inférieurs à 80, le poids spécifique est plus élevé sur sol silico-argileux que sur sol argilo-calcaire. Pour les blés à poids spécifiques supérieurs à 80, les différences observées d'un sol à l'autre sont beaucoup moindres mais elles sont de sens inverse.

Considérons d'abord, dans le tableau 19, les seuls blés qui, sur sol argilo-calcaire, correspondent à un poids spécifique supérieur ou égal à 80.

TABLEAU 19.

	ARGILO-CALCAIRE.	SILICO-ARGILEUX.	EXCÈS SUR silico-argileux. (x)	D. ($M_{13}-x$)	D².
284	80,00	82,20	+ 2,20	0,34	0,11
335	75,35	75,42	+ 0,07	2,47	6,10
382	77,70	78,70	+ 1,00	1,54	2,37
386	76,79	78.87	+ 2,08	0,46	0,21
422	76,47	78,10	+ 1,63	0,91	0,82
426	80,20	80,17	— 0,03		
588	75,60	77,50	+ 1,90	0,64	0,40
982	76,00	75,50	— 0,50		
1.179	81,00	76,00	— 5,00		
1.931	82,60	80,50	— 2,10		
1.476	75,75	78,10	+ 2,35	0,19	0,03
1.513	71,80	73,10	+ 1,30	1,24	1,53
1.553	72,00	78,20	+ 6,20	— 3,66	13,39
1.573	77,70	78,27	+ 0,57	1,97	3,88
1.831	76,95	77,90	+ 0,95	1,59	2,52
1.832	72,40	78,25	+ 5,85	— 3,31	10,95
1.834	72,00	79,00	+ 7,00	— 4,46	19,89
Communs	76,20	74,90	— 1,30		
			$M_{13} = 2,54$		62,20

$$Z = \frac{2,54}{2,20} = 1,2.$$

Pour les 13 variétés de blé de poids spécifique inférieur à 80 la valeur $Z = 1,2$ indique d'après les tables qu'il y a mille chances contre une que les différences observées soient dues aux différences de sol.

Considérons maintenant l'ensemble des 17 poids spécifiques indiqués par Miège (tableau 9 de son Rapport).

Blé 335.

	D.	D².	
Excès de « silico-argileux » sur « silico-calcaire »	2,20	4,84	$M = \frac{25,42}{17} = 1,49.$
	0,07	0,05	
	1,00	1,00	
	2,08	4,32	$\sigma^2 = \frac{176}{17} - (1,49)^2 = 8,14.$
	1,63	2,65	
	− 0,03	0,00	$\sigma = 2,84.$
	1,90	3,61	
	− 0,50	0,25	$Z = \frac{1,49}{2,84} = 0,53.$
	− 5,00	25,00	
	− 2,10	4,41	
	2,35	5,52	
	1,30	1,69	
	6,20	38,44	
	0,52	0,27	
	0,95	0,90	
	5,85	34,22	
	7,00	49,00	
Total	25,42	176,17	

Pour N = 17, et Z = 0,55 les Tables de Love indiquent P = 42,7 contre 1, donc encore une différence significative.

§ 3. Effet de la carie sur la densité des épis de blé.

G. Stewart et R.-W. Woodward (*Journal of Agric. Research*, 42, p. 517) ont mesuré la longueur des épis (sains ou cariés) sur 371 chaumes de blé dont :

142 étaient homozygotes pour le caractère «épi dense»;
83 étaient hétérozygotes;
146 étaient homozygotes pour le caractère «épi lâche».

L'augmentation de longueur des entre-nœuds entre chaque épillet par suite de l'infection de la carie *Tilletia triciti* était :

De 25 à 240 p. 100, soit en moyenne 74 p. 100 pour les homozygotes « dense »;
De 18 à 166 p. 100, soit en moyenne 53,8 p. 100 pour les hétérozygotes.

La méthode de STUDENT appliquée à cette comparaison, pour 30 plantes étudiées dans chacun des trois groupes (N = 30), indique les valeurs suivantes :

Homozygotes denses Z = 2,22 ;
hétérozygotes Z = 2,50 ;

ce qui indique qu'il y a plus de 10.000 chances contre une que la carie allonge vraiment l'épi dans chacun de ces 2 groupes.

Homozygotes « lâche » Z = 0,2 ; les chances ne sont que 5,9 : 1 pour que la différence observée soit le fait de la carie plutôt que du hasard, c'est-à-dire que la différence n'est pas statistiquement significative :

Effet de la carie.

GÉNOTYPES.	MOYENNE DE LONGUEUR DES ÉPIS.		AUGMENTATION.	CHANCES.
	Sain.	Carié.		
Homozygote « dense »	20 mm. 4	35 mm. 5	74 p. 100	10.000 : 1
Hétérozygote	27 mm. 5	42 mm. 3	53,8 —	—
Homozygote « lâche »	48 mm. 4	59 mm. 3	8,1 —	5,9 : 1

§ 4. APPLICATION DE LA MÉTHODE DE STUDENT À L'ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DE LA RÉSISTANCE DES HYBRIDES DE BLÉ À *Puccinia glumarum* (d'après GASSNER et ses collaborateurs).

L'ajustement d'une disjonction d'hybrides à une relation mendélienne ne se justifie que dans les cas où les proportions peuvent s'expliquer par la disjonction et la recombinaison au hasard de 1, 2 ou au maximum 3 paires de caractères, et lorsque les phénotypes correspondant aux différentes combinaisons se distinguent de façon évidente par des caractères qualitatifs. Lorsque les différences sont des différences quantitatives, il devient indispensable d'étudier biométriquement la manifestation des caractères des divers hybrides et par conséquent de répartir ces hybrides en classes de fréquence.

STRAIB, étudiant l'influence de la température sur la susceptibilité à *Puccinia glumarum* des produits du croisement entre blé résistant et blé susceptible, observe que les croisements Peragis × Heines Kolben donnent :

71 p. 100 de F_2 résistants, à 15°2 ;
39 p. 100 — à 14°2 ;

c'est-à-dire que, dans la distribution, l'abaissement de la température provoque un décalage vers les classes de moindre résistance.

Les résultats de STRAIB se prêtent bien à l'analyse par la méthode de STUDENT.

Formons pour chacune des paires de distribution provenant du même croisement, à 15°2 et 14°2, la différence D des pourcentages entre représentants des classes I à III (résistants) et représentants de la classe IV (très sensibles) à 15°2 et 14°2.

15° 2.	14° 2.	D.	D².
10,6	8,9	1,7	2,9
2,45	0,65	1,8	3,2
1,90	0,30	1,6	2,5
0,40	0,46	— 0,6	0,3
		4,5	8,9

$$d : m = \frac{4,5}{4} \pm 1,12 \qquad \frac{\Sigma D^2}{4} = \frac{8,9}{4} = 2,2; \qquad \sigma = \sqrt{2,2 - (1,12)^2} = 1.$$

Pour $n = 4$ (nous avons comparé entre elles 4 paires d'observations) le criterium Z de STUDENT est

$$Z = \frac{1,12}{\sqrt{\frac{8,9}{4}}} = \frac{1,12}{1,5} = 0,74.$$

Pour cette valeur de Z les Tables de LOVE indiquent une probabilité de 5,9 contre 1, c'est-à-dire que sur 100 essais, nous aurions 16 chances d'obtenir du fait du seul hasard une différence plus grande ou égale à celle de 4,5 que nous observons entre les proportions obtenues à 15°2 et à 14°2.

Le criterium t de FISHER

$$t = 1,12\sqrt{\frac{8,9}{3}} = 1,69.$$

correspondrait à la probabilité très voisine de 16 p 100.

STRAIB, étudiant statistiquement la transmission héréditaire de la résistance, à *Puccinia glumarum,* des produits du croisement entre Blés relativement résistants et Blés sensibles, signale l'impossibilité d'ajuster les distributions observées à une disjonction monohybride, di ou trihybride, le quotient «Déviation sur Erreur probable» étant presque toujours supérieur à 1.

Il n'est donc pas possible de déduire de cette comparaison une loi générale d'action de la température sur la susceptibilité. D'ailleurs, GASSNER et STRAIB ont montré qu'il existe, pour chaque variété de Blé, vis-à-vis de chaque forme de *Puccinia glumarum,* une température critique, au dessous de laquelle le Blé se comporte comme susceptible, au-dessus de laquelle il se comporte comme résis-

tant; de façon générale, l'abaissement de la température provoque une augmentation de la teneur en albuminoïde des premières feuilles des plantules de blé (probablement en ralentissant la croissance).

Si nous comparons, encore par la méthode de Student, pour les températures de 20 et 10°, la teneur en albuminoïde pour mille de poids frais, nous trouvons à 10° un excès tel que nous ne pouvons nous attendre à l'observer que 6 fois sur 100 essais, par le seul fait du hasard.

Teneur en albuminoïde p. 1.000.

20°	10°	D.	D².
3,50	//	//	//
3,40	4,95	1,55	2,6
3,75	//	//	//
3,80	5,16	1,36	1,8
4,19	//	//	//
4,16	7,33	2,17	4,7
3,52	5,17	2,45	6,0
3,54	5,26	1,72	2,9
		9,25	17,8

$$m = 1{,}85; \quad \frac{\Sigma D^2}{5} = 3{,}56; \quad \sigma = \sqrt{3{,}56 - 3{,}42} = \sqrt{0{,}14} = 0{,}38;$$

$$n = 5; \quad Z = \frac{1.85}{\sqrt{\frac{17.8}{5}}} = \frac{1{,}85}{1.88} = 1; \quad P = 16 : 1.$$

Teneur en azote soluble p. 1.000.

20°	10°	D.	D².
0,90	0,96	0,06	0,003
0,92	0,94	0,02	0,000
1,10	1,33	0,23	0,053
0,88	0,92	0,04	0,001
0.96	0,96	— 0,01	0,000
		0,34	0,057

$$m = 0{,}068; \quad \frac{\Sigma D^2}{5} = 0{,}011; \quad \sigma = \sqrt{0{,}011 - 0{,}004} = \sqrt{0{,}07} = 0{,}28;$$

$$t = 0{,}068\sqrt{\frac{4}{0{,}057}} = 0{,}544; \quad P = 0{,}6.$$

Si, maintenant au lieu de ne considérer que les 5 couples du Tableau précédent nous comparons les 14 différences rapportées par Gassner et Franke (Tab. 6. Phytopathologische Zeitschr. VII, 3, 322) il est inutile de calculer la probabilité de signification des différences en albuminoïdes : elle est considérable. La probabilité de signification de la différence en protides solubles (pour 100.000 de poids frais) est de 77,7 contre 1.

Gassner peut donc légitimement attirer l'attention des Pathologistes sur le parallélisme entre «augmentation de la teneur des tissus en Albuminoïdes + Protides solubles» et «augmentation de susceptibilité au *Puccinia glumarum*» lorsque la température est abaissée de 20 à 10°.

L'analyse statistique confirme donc, dans ce cas particulier, la corrélation que nos recherches cytologiques nous avaient montré exister entre la richesse en protides solubles des solutions vacuolaires et l'aptitude pour les Rouilles, les Péronosporées, ...d'établir avec la cellule des relations parasitaires.

3. Analyse biométrique en fonction de la variance.

La résistance semble rarement dépendre d'un seul caractère mendélien, mais les études poursuivies par le U. S. department of Agriculture, sous la direction du Docteur H.-B. Humphrey ont montré que la résistance des blés à la rouille peut dépendre de la simple interaction de deux caractères appartenant chacun a l'une des deux paires de caractères allélomorphes. La disjonction à prévoir dans ce cas donne une proportion différente de celle de 9 : 3 : 3 : 1 qui résulte de la concomitance des deux probabilités simples 3 : 1 correspondant chacune à la manifestation d'un caractère favorable de chacune de deux paires indépendantes.

Dans l'exemple théorique, l'hérédité de la résistance dépend d'une seule paire de facteurs ou d'une seule paire de gènes R*r*.

Dans la réalité, la résistance à la Rouille dépend de l'intéraction des gènes de deux paires telles que I*i* et S*s*.

Un tel problème ne peut guère se résoudre d'emblée par l'étude de la disjonction mendélienne, par suite de la quasi impossibilité de reconnaître à l'œil les différences d'intensité d'attaque de rouille sur les divers hybrides.

Il faut d'abord étudier statistiquement les intensités d'attaque de rouille sur les divers hybrides F_2 obtenus par autofécondation d'un hybride de première génération F_1 ; tous les hybrides F_2 à comparer statistiquement sont, bien entendu, cultivés dans des conditions identiques, expérimentalement réalisées, de température, d'humidité, d'éclairage, de nutrition minérale. Ils sont expérimentalement inoculés par des quantités identiques de spores provenant : soit d'une lignée génétiquement pure de l'espèce de *Puccinia* à étudier, soit d'un mélange de spores de diverses lignées de *Puccinia* redoutables agronomiquement dans la région considérée.

L'interprétation génotypique des résultats de l'étude biométrique de la transmission héréditaire de la résistance à la rouille des blés durs (*Triticum durum*)

chez les hybrides entre blés durs et blés tendres, fournit un exemple particulièrement démonstratif de la méthode qui peut être employée pour passer d'une distribution observée, en apparence continue, à une distribution théorique, par classes phénotypiques ou génotypiques. L'appréciation de l'intensité des attaques de rouille se fait en pourcentage, par classe de 0 à 5 p. 100, 5 à 10..., selon une échelle conventionnelle.

§ 1. Analyse phénotypique et analyse génotypique des hybrides de blés résistants aux rouilles.

Les blés cultivés qui fournissent la farine panifiable représentent des génotypes de l'espèce *Triticum vulgare* à 42 chromosomes; ces génotypes sont, pour la plupart. susceptibles aux différents génotypes de *Puccinia graminis*, qui cause la rouille noire. et de *P. glumarum*, qui cause la rouille jaune, parasites vis-à-vis desquels les blés à 28 chromosomes jouissent d'une quasi immunité (Blés à macaroni, *Triticum durum* et *T. dicoccum*).

Les divers génotypes de *T. vulgare* sont plus ou moins susceptibles ou résistants vis-à-vis de telles ou telles formes de Rouille.

A. *Croisements intra-spécifiques.* — Le croisement d'un génotype résistant de *T. vulgare* avec un génotype moins résistant, mais agronomiquement plus productif, peut permettre de réunir, dans un hybride intra spécifique, les qualités des deux géniteurs.

Par exemple, Marquis, introduit aux États-Unis, en 1913, s'y est montré si productif que 6 millions d'hectares lui étaient consacrés en 1919. Cette même année, une sévère épidémie de *Puccinia graminis* fut néfaste à Marquis, tandis qu'elle mettait en évidence la résistance relative de Kota, récemment importé de Russie. Le croisement Marquis × Kota a donné l'hybride Cérès dont les qualités sont indiquées par le fait que, dès 1932, 2 millions et demi d'hectares étaient consacrés à sa culture.

B. *Croisements inter-spécifiques.* — La combinaison, dans un hybride, des qualités boulangères de *T. vulgare* et de l'immunité de *T. durum* ou *monococcum* se heurte à deux difficultés : 1° les hybrides interspécifiques sont souvent stériles; 2° chez ceux des hybrides qui sont fertiles, l'immunité pourrait être liée à des caractères *durum* ou *monococcum*.

Croisements dicoccum-vulgare. — C'est à Mc Fadden que revient l'honneur d'avoir montré que l'immunité est un caractère héréditaire sans liaison factorielle avec les autres facteurs indésirables de *dicoccum* et qu'il est théoriquement possible de réunir chez un hybride les qualités d'immunité de *dicoccum* et de valeur boulangère de *vulgare*.

Le croisement entre le *dicoccum* «Yaroslav» et le *vulgare* «Marquis» a donné un

hybride de première génération (F_1) quasi stérile, dont 100 grains cependant furent obtenus.

Le semis de ces 100 grains a fourni 100 hybrides de seconde génération (F_2) dont les descendants furent exposés à la sévère épidémie de rouille de 1919; ce qui permit une sélection de types résistants qui fournirent 500 plants de cinquième génération cultivés en 1920. De ces 500 plantes, Mc Fadden ne conserva que les 6 qui, tout en possédant les qualités de *vulgare,* demeuraient exemptes de maladies. De ces 6 génotypes, les deux les plus intéressants reçurent les noms de «Hope» et de «H.44.24».

Le croisement de l'un ou l'autre de ces hybrides Hope ou H44 avec les meilleurs blés panifiables susceptibles à la rouille permet d'obtenir des hybrides de haute valeur boulangère et quasi «immunes». Bien entendu, d'autres produits de ce croisement sont des hybrides ne combinant à la valeur boulangère qu'une résistance intermédiaire entre celles des deux géniteurs, ou des hybrides aussi susceptibles que leur parent susceptible.

La «quasi immunité» de Hope se transmet aux descendants comme caractère dominant.

La «résistance» de Cérès se transmet comme caractère récessif.

Chacune des deux différences doit donc dépendre d'une paire différente de facteurs allélomorphes : «quasi immunité» II ou «non immunité» *ii*; «non susceptibilité» *ss* ou «susceptibilité» SS.

Le fait qu'un blé ne montre quasiment pas de rouille ne résulte pas d'une aptitude du blé à empêcher les spores de rouille de le contaminer, mais résulte d'une aptitude à localiser l'infection aux quelques cellules entourant le point de contamination.

Mais, cette aptitude, quand il en résulte la quasi immunité de *dicoccum,* dépend d'une certaine paire de facteurs; quand il en résulte la non susceptibilité, d'une autre paire de facteurs.

Le tableau 21 indique pour 21 génotypes F_2 (caractérisés chacun par le pourcentage de rouille indiqué dans la colonne F_2) les fréquences des hybrides F_3 dans chaque classe de rouille de 0 à 80 p. 100.

Le 1[er] F_2 immune donne 66 F_3 tous immunes appartenant donc tous à la classe 0. La déviation standard $\sigma = 0$; le deuxième F_2, qui se caractérisait par 2 p. 100 de rouille, donne 36 F_3 de classe 0, 26 F_3 de classe 2 p. 100; la déviation standard est très faible ($\sigma = 1$).

De façon générale, à mesure que l'immunité est moins parfaite, la déviation standard augmente; mais elle atteint un maximum pour les produits de la ségrégation des F_2 de classes moyennes, qui peuvent être supposés hétérozygotes; elle décroît pour les produits de ségrégation des F_2 très sensibles, qui peuvent être supposés homozygotes pour la susceptibilité.

Ségrégation en F_3 des $F_2 H_{45} \times$ Cerès.

PHÉNOTYPES.	F_2.	F_3. 0.	2.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	σ.
I	0	66	//	//	//	//	//	//	//	//	//	0,0
	2	36	26	//	//	//	//	//	//	//	//	1,0
	10	23	35	2	//	//	//	//	//	//	//	1,8
II	2	19	15	11	5	1	//	//	//	//	//	7,2
	10	4	32	8	5	2	//	//	//	//	//	7,6
	20	//	29	21	3	9	1	//	//	//	//	10,3
III	2	9	19	3	3	4	2	//	//	//	//	11,9
	10	4	25	9	2	4	4	2	1	//	//	15,9
	20	//	17	11	4	5	4	5	5	//	//	20,4
IV	10	//	4	13	17	14	11	4	//	//	//	13,1
	20	//	//	3	7	14	12	4	1	//	//	11,4
	30	//	//	3	7	11	18	12	4	//	//	12,8
V	10	//	1	12	24	13	//	//	//	//	//	7,5
	20	//	//	//	5	29	21	5	//	//	//	7,6
	30	//	//	//	//	17	34	8	//	//	//	6,4
VI	20	//	//	//	8	9	14	13	//	//	//	10,7
	30	//	//	//	//	6	29	15	5	1	//	8,6
	40	//	//	//	//	4	14	24	18	4	//	10,0
VII	40	//	//	//	//	//	14	27	16	1	//	7,6
	40	//	//	//	//	//	//	5	25	21	3	7,4
	40	//	//	//	//	//	//	2	20	27	4	6,8

Cette simple considération permet donc, en admettant l'existence des deux paires de facteurs :

II : de quasi immunité; SS : de susceptibilité;

de déduire, de la distribution observée quant aux fréquences dans les diverses classes de pourcentages de rouilles, les distributions phénotypique et génotypique suivantes :

PHÉNOTYPES.	GÉNOTYPES. HOMOZYGOTES.	HÉTÉROZYGOTES.	SÉGRÉGATIONS EN F_3.
I Quasi immunes	1 II *ss*	//	
	2 II S*s*	//	
	3 II SS	//	
II	//	2 I*i ss*	Quasi immunes + résistants.
III	//	4 I*i* S*s*	Quasi immunes + résistants + susceptibles.
IV	//	2 I*i* SS	Quasi immunes + résistants + susceptibles.
V Résistant	1 *ii ss*	//	
VI	//	2 *ii* S*s*	Résistants + susceptibles.
VII Susceptibles	1 *ii* SS	//	

Clark et Humphrey assignent, aux géniteurs qu'ils ont employés, les formules énotypiques :

Hope, quasi immune : II *ss*;
H44, — II SS;
Marquis et Reliance, susceptibles : *ii* SS;
Cérès, résistant : *ii ss*;

et, ainsi rendent compte des ségrégations selon l'échiquier :

	II.	Ii.	ii.
ss.	Immune (Hope).	(Immune, résistant).	Résistant (Cérès).
S*s*	Immune.	I R S	R S
SS.	Immune (H 44).	I R S	Susceptible (Marquis).

Cette hypothèse peut être encore vérifiée par l'étude de la ségrégation des produits de croisement des 3 hybrides II SS, *ii ss*, II *ss*, obtenus du croisement H44 × Cérès avec un blé susceptible tel que Marquis, *ii* SS.

Le croisement H 44 quasi immune × Cérès résistant donne en F_3 25 p. 100 d'hybrides quasi immunes.

L'étude statistique de la répartition du degré de résistance dans une population F_3 dérivée d'un F_1H44 × Cérès se fait en répartissant les plantes par classes de fréquence : 0, comprenant les plantes sans trace d'infection, 2, plantes montrant une tache d'infection, 10, 20, 50, montrant des symptômes d'infection de plus en plus graves.

Les résultats numériques basés sur l'étude de 14.000 plantes vérifient cette hypothèse.

La quasi immunité de Hope ou de H44 tient à une paire de facteurs mendéliens II dont l'action est d'inhiber l'effet d'une paire de facteurs de susceptibilité SS.

L'absence de l'un et l'autre de ces facteurs dominants, I d'immunité, S de susceptibilité, a pour résultat un génotype *ii ss*, résistant.

Les constitutions génotypiques sont donc bien :

Hope, II *ss* : quasi immune;
H44, II SS : quasi immune;
Marquis, Reliance, *ii* SS : sensible;
Cérès, *ii ss* : résistant.

et les 7 groupes génotypiques doivent être représentés avec les fréquences théoriques :

4 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1 ;

aux erreurs d'échantillonnage près.

C'est ce que confirment les comparaisons des proportions observées O et théoriques C pour les produits de la ségrégation des 3 croisements :

(H44 × Cérès) à 0,2 p. 100 de rouille × Marquis;
II *ss* × *ii* SS;

(H44 × Cérès) à 4,5 p. 100 de rouille × Marquis;
II SS × *ii* SS;

(H44 × Cérès) à 8 p. 100 de rouille × Marquis;
ii ss × *ii* SS.

Croisement des hybrides [H_{44} × *Cérès*] × *Marquis.*

PHÉNOTYPES.	GÉNOTYPES.	II SS × *ii* SS.				*ii ss* × *ii* SS.				II *ss* × *ii* SS.			
		p.	*o.*	*c.*	$\frac{(o-c)^2}{c}$	*p.*	*o.*	*c.*	$\frac{(o-c)^2}{c}$	*p.*	*o.*	*c.*	$\frac{(o-c)^2}{c}$
I	II *ss*	//	//	//	//	//	//	//	//	1			
	II S*s*	//	//	//	//	//	//	//	//	2 } 4	27	24	0,3
	II SS	1	23	23,5	0.01	//	//	//	//	1			
II	I*i ss*	//	//	//	//	//	//	//	//	2	14	12	0,3
III	I*i* S*s*	//	//	//	//	//	//	//	//	4	26	24	0,2
IV	I*i* SS	2	52	47,0	0,53	//	//	//	//	2	8	12	1,3
V	*ii ss*	//	//	//	//	1	25	21,7	0,5	1	4	6	0,6
VI	*ii* S*s*	//	//	//	//	2	46	43,5	0,3	2	11	12	0,1
VII	*ii* SS	1	19	23,5	0,86	1	16	21,7	1,4	1	6	6	0,0
TOTAUX		4	94	94,0		4	87	87,0		16	96	96	
		χ^2			1,4	χ^2			2,2	χ^2			2,8
		P			0,5	P			0,3	P			0,8

Un hybride ayant été créé qui réunit le caractère de résistance à d'autres caractères agronomiques désirables, il ne peut être distribué aux agriculteurs qu'autant qu'il représente un génotype dont l'autofécondation ne donnera que des types identiques au parent, c'est-à-dire sera l'origine d'une lignée pure.

La disjonction est relativement aisée à déceler chez les hétérozygotes lorsqu'elle affecte un caractère qualitatif tel que «l'absence ou la présence» entraînant une différence d'aspect évidente à l'œil; il n'en est plus de même pour les caractères quantitatifs tels que le degré de résistance ou de susceptibilité à la rouille ou à telle autre maladie : ici, l'analyse biométrique doit précéder l'analyse génotypique.

Le meilleur exemple d'application de ces méthodes nous est fourni par les travaux désormais classiques poursuivis au U. S. Depart. Agriculture à Washington, sous la direction des Docteurs Mc Call et H.-B. Humphrey.

L'exemple que nous empruntons au croisement *durum-vulgare,* où la variabilité exprimée en valeurs de σ reconnaît deux causes différentes, peut nous servir d'introduction a l'étude de l'Analyse de la variance, dont les applications à la Pathologie végétale méritent de faire l'objet d'une monographie complétant ce premier exposé.

Croisements durum-vulgare. — D'après un essai effectué dans le Dakota, en 1930, le génotype de *T. durum* «Pentad» peut être qualifié de quasi immune vis-a-vis de la rouille noire (*P. graminis*).

Une population de 14 lignes (chaque ligne comprenant 70 individus, issus de 70 grains provenant d'un même parent) manifeste, en moyenne, 7 p. 100 de rouille avec une déviation standard $\sigma = 3{,}7$.

De ces 14 lignes, 10 montrent en moyenne : 5 p. 100 de rouille avec une déviation $\sigma = 2{,}5$ pour l'une des 10; 3,5 pour 8 autres; 4,5 pour la dernière.

L'autre parent «Akrona» est susceptible. Une population de 15 lignes montre en moyenne 50 p. 100 de rouille avec une déviation standard $\sigma = 6{,}4$. De ces 15 lignes, 4 montrent en moyenne 45 p. 100 de rouille avec les dévations standards de 5,5 pour la première, de 6,5 pour deux autres et 7,5 pour la quatrième. Les autres lignes se caractérisent par les moyennes et les σ reportées en haut de la Table.

Les produits du croisement forment une population de 150 lignes dont 2 aussi résistantes que Pentad (10 p. 100 de rouille) avec une déviation standard $\sigma = 4{,}5$ et dont 18 sont aussi sensibles que Akrona, mais avec une déviation standard plus élevée.

Quant à la variabilité, par conséquent : 1° le parent sensible Akrona (quoiqu'aussi homozygote que le parent résistant Pentad) se caractérise par une déviation standard plus élevée; 2° les hybrides sont beaucoup plus variables que Pentad, et généralement plus variables que Akrona.

Cette variabilité reconnaît deux causes :

1° A partir de l'immunité, caractérisée théoriquement par 0 p. 100 de rouille avec une déviation standard nulle, la déviation standard doit augmenter de valeur avec la susceptibilité; les blés les plus susceptibles devraient donc manifester la plus grande variabilité; le tableau montre que tel n'est pas le cas, et que la plus grande variabilité se manifeste chez les classes moyennes (35 p. 100 de rouille par exemple); c'est qu'alors intervient le deuxième élément de la variabilité : l'état hétérozygote de la population constituant chaque lignée correspondant à une classe moyenne.

En tenant compte de ces deux éléments de la variabilité, Clark et Smith ont divisé le tableau par la droite xy telle que seules peuvent être considérées comme homozygotes les lignes correspondant, dans chaque rangée horizontale

(p. 100 de rouille) et dans chaque colonne verticale (valeurs de σ) aux chiffres situés à gauche et au-dessous de la ligne xy (Table 98).

TABLEAU 98.

POURCENTAGE DE ROUILLE.	VALEURS DE σ. 2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	DÉVIATION MOYENNE.	NOMBRE DE LIGNES.
Pentad :													
5	1	8	1	1	//	//	//	//	//	//	//	//	10
10	//	2	1	1	//	//	//	//	//	//	//	//	4
TOTAL	1	10	2	1	//	//	//	//	//	//	//	3.7	14
Hybrides :				x.									
5	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
10	//	//	2	//	//	//	//	//	//	//	//	4.5	2
15	//	//	//	4	6	//	//	//	//	//	//	6.1	10
20	//	//	1	6	11	3	1	//	//	//	//	6.4	22
25	//	//	1	1	8	11	2	1	//	//	1	7.3	25
30	//	//	1	2	9	11	2	5	1	//	//	7.5	31
35	//	//	//	//	3	5	6	1	//	1	//	8.1	16
40	//	//	1	1	3	4	4	2	1	//	//	7.7	16
45	//	//	//	//	5	3	4	//	//	//	//	7.4	12
50	//	//	//	//	1	3	3	1	//	//	//	8.0	8
55	//	//	//	//	3	3	1	1	//	//	//	7.5	8
60	//	//	//	//	//	//	y.						
TOTAL	//	//	6	14	49	43	23	11	2	1	1	7.3	150
Akrona :													
45	//	//	//	1	2	1	//	//	//	//	//	//	4
50	//	//	//	2	1	3	//	//	//	//	//	//	6
55	//	//	//	2	2	//	//	//	//	//	//	//	4
60	//	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//	//	1
TOTAL	//	//	//	5	6	4	//	//	//	//	//	6.4	15

BIBLIOGRAPHIE.

Statistique appliquée à l'étude des rouilles des blés.

Anderson (J. A.). — Studies on the nature of rust resistance in wheat. (*Canad. J. Res*, 1934.)

Ausemius (E. R.). — Correlated inheritance of reaction to disease and of certain botanical characters in triangular wheat crosses. (*Journ. Agric. Research*, 48, 31-59, 1934.)

Caldwell (R. M.), Kraybill (H. R.), Sullivan (J. T.) and Compton (L. E.). — Effect of leaf rust (*Puccinia tricticina*), on yield, physical characters and composition of winter wheats. (*Journn. Agric. Research*, 48, 1049-1073, 1914.)

Clark (J. A.) and Humphrey (H. B.). — Inheritance of stem-rust reaction in wheat. (*Journ. Amer. Soc. Agron.*, 25, 497-511, 1933.)

Clark and Smith. — Stem rust of reaction in wheat. (*Ibid.*, 27, 392-400, 1935.)

Gassner (G.) and Franke (W.). — Über den Einfluss der Temperatur auf Stickstoffgehalt und Rostresistenz junger Getreidepflanzen. (*Phytopath. Zeits.*, 7, 3, p. 315-326, 1934.)

Gassner (G.) und Kirchhoff (H.). — Einige Versuche zum Nachweis biologischer Rassen innerhalb des Roggenbraunrostes, *Puccinia dispersa* Erikss. und Henn. (*Phytopath. Zeitsch*, 7 5, p. 479, 1934.)

Gassner (G.) et Franke (W.). — Der Stickstoffgehalt junger Weizenpflanzen in seiner Abhängigkeit von der Mineralsalzernährung. (*Phytopath. Zeits.*, 7, 187, 1934.)

Hayes (H. K.), Ausemius (E. R.), Stakman (E. C.) et Bamberg (R. H.). — Correlated inheritance of reaction to stem rust, bunt and black chaff in spring wheat crosses. (*Journ. Agric. Research*, 48, 59-67, 1934.)

Johnston (C. O.) and Miller (E. C.). — Relation of leaf rust infection to yield, growth and water economy of two varieties of wheat. (*Journ. Agric. Research*, 49, 955, 1934.)

Lathbury. — *Rept. Dep. Agric. Research* (Kenya, 1933).

Levine (M. N.) et Stakman (E. C.). — Uniform rust nurseries indicate decreasing severity of stem rust. (*Phytopath.*, 25, 25, 1935.)

Mains (E. B.). — Effect of leaf rust (Puccinia triticina) on yield of wheat. (*Journ. Agric. Research*, 40, 417.)

Stakman (E. C.), Hines ,Cassell (C. R.) et Levine (M. N.). — Population trends of physiologic forms of Puccinia graminis-triticina, 1930-1934. (*Phytopath*, 25, 1935.)

Stewart (G.) et Woodward (R. W.). — Inheritance in a wheat cross between hybrid 128 X White Odessa and Kanred. (*Journ. Agric. Research*, 42, n° 8, 1931, p. 507.)

Straib (W.). — Untersuchungen zur Genetik der Gelbrostresistenz des Weizens. (*Phytopa th. Zeitsch*, 7, 427, 1934.)

Waldron (L. R.) et Clark (J. A.). — Breeding rust-resistant spring wheats (*Science* 83 : 106, 1936).

Wismer (C. A.). — Inheritance of resistance to bunt and leaf rust in the wheat cross; Oro X Tenmarcq. (*Phytopath.*, 24, p. 762, 1934.)

Zekl. — Ursachen des Weizenrostes. *Deutsche Landw. Presse*, 61, 32, 1934. (*Rev. Appl. Mycol.*, XIV, 1935.)

§ 2. La méthode de χ^2 comme épreuve d'homogénéité d'une population.

Snedecor et Irwin [1] écrivent : « Généralement, les expérimentateurs indiquent la probabilité moyenne comme représentant l'ensemble de leur résultats numériques, alors que souvent ces résultats pourraient être répartis en une série de classes permettant de déterminer si une série de groupes d'échantillons a été tirée d'une population homogène ».

Soit, par exemple, une série de traitements analogues appliqués à une certaine population, ou soit un groupe d'individus exposés à l'infection par une certaine quantité de certains organismes pathogènes.

L'analyse statistique se ramène à déterminer si les pourcentages de contamination ou de mortalité dans les différents groupes d'échantillons se distribuent autour de leur moyenne avec des déviations telles qu'elles puissent être attribuées (ou non) aux erreurs d'échantillonnage. Si les résultats montrent que les écarts d'avec une distribution binomiale sont trop grands pour être imputables au simple hasard, il faut conclure à l'existence de causes de perturbation : causes dues à des erreurs de technique ou causes dues à la nature même de la population exposée à la contamination ou de la population des microorganismes pathogènes.

Exemple : *Application de la méthode de χ^2 à la discrimination de lignées pures de Tilletia levis.* — La distribution des blés Oro (résistants) et Tenmarq (susceptibles) et de leurs hybrides, quant au pourcentage d'individus répartis dans les classes : 0 p. 100 de carie, 0 à 4,9 p. 100, 75 à 79,9 p. 100 de carie, est indiquée dans le tableau I (d'après Wismer) pour la forme physiologique 1 de *Tilletia levis*; dans le tableau II pour un mélange de formes physiologiques. (*Phytopath.* 24 : 769.)

POURCENTAGE de CARIE.	TABLEAU I. FORME I DE T. LEVIS.					TABLEAU II. MÉLANGE.		
	O.	T.	F_2.	F_3.	F_4.	O.	T.	F_4.
0,0	1	//	//	2	66	//	//	37
2,5	2	//	//	4	17	6	//	45
7,5	5	//	//	1	11	4	//	6
12,5	3	//	1	4	8	//	//	16
17,5	1	//	//	2	13	//	//	14
22,5	//	1	1	1	18	//	//	9
27,5	//	2	//	1	5	//	//	6
32,5	//	3	//	//	5	//	//	5
37,5	//	1	//	//	4	//	2	2
42,5	//	5	//	1	5	//	1	3
47,5	//	//	//	//	7	//	1	2
52,5	//	1	//	1	2	//	2	4
57,5	//	//	//	//	6	//	1	4
62,5	//	1	//	//	6	//	//	4

[1] G. W. Snedecor and M. R. Irwin : On the Chi-square test for homogeneity. (*Iowa State College Journal of Science*, 8, 75-81, Ames, Iowa, 1933.)

POURCENTAGE de CARIE.	TABLEAU I. FORME I DE T. LEVIS. O.	T.	F_2.	F_3.	F_4.	TABLEAU II. MÉLANGE. O.	T.	F_4.
67,5	//	//	//	//	6	//	//	5
72,5	//	//	//	//	1	//	1	6
77,5	//	//	//	//	2	//	1	6
82,5	//	//	//	//	//	//	//	5
87,5	//	//	//	//	//	//	//	2
92,5	//	//	//	//	//	//	1	1
Moyenne	7	43	16,8	15	18,2	5	57	21,9

La disjonction en F_4 permet de supposer que la population des hybrides F_3 est hétérogène et se compose de 3 génotypes représentant chacun une population homogène, caractérisée par les moyennes M et les déviations standards S suivantes :

$$m_1 = 2,1\ \% \quad S_1 = 0,5 \quad S_1^2 = 0,25$$

$$m_2 = 13,75\ \% \quad S_2 = 0,30 \quad S_2^2 = 0,09$$

$$m_3 = 25\ \% \quad S_3 = 0,5 \quad S_3^2 = 0,25$$

$$S^2_{m_2 - m_1} = \frac{1}{2+7}(8+5) = \frac{13}{9} = 1,44$$

$$t = \frac{13,7 - 2,1}{1,2}\sqrt{\frac{3+8}{2+7+2}} = \frac{11,6}{1,2} = 9,6$$

Pour $n = 9$; les Tables de Fisher indiquent que la valeur de t correspondant au seuil de 0,01 est 3. La valeur observée 9 étant très supérieure à 3, la différence des moyennes est statistiquement significative (ce qui, dans ce cas, était évident *a priori*).

Comment interpréter génétiquement l'hétérogénéité statistiquement reconnue dans une population des F_3?

Wismer, étudiant la susceptibilité à la carie des produits de la disjonction de ses hybrides entre blés résistant (Oro) et susceptible (Tenmarq) conclut qu'il obtient en F_3 une ségrégation selon les proportions, 8 : 12 : 3 ce qui, d'après la valeur de χ^2, correspond à une probabilité de 85 p. 100.

	RÉSISTANTS HOMOZYGOTES.	INTERMÉDIAIRES HÉTÉROZYGOTES.	SUSCEPTIBLES HOMOZYGOTES.	
o	6,000	9,000	2,00	$n = 17$.
$c = (8 : 12 : 3)$	5,910	8,830	2,22	
$o - c$	0,090	0,130	0,78	
$(o - c)^2$	0,008	0,017	0,61	
$\chi^2 = \frac{(o-c)^2}{c}$	0,001	0,002	0,30	$\Sigma\chi^2 = 0,303$. P = 85 %.

La distribution des lignées des F_4 quant au pourcentage de carie à la suite de l'inoculation faite avec des mélanges de spores de carie du Kansas, ne diffère guère de la distribution obtenue par l'inoculation de spores d'une forme physiologique pure; les deux séries montrent une étroite corrélation, puisque le coefficient de corrélation est $r = 0{,}88 \pm 0{,}01$, Wismer. Phytopath. : xiv, 78.

Les deux distributions obtenues : la première par l'inoculation de spores de forme physiologique pure, la seconde par inoculation de mélange de spores, pourraient être comparées à la distribution théorique que permettrait de prévoir la disjonction pour 3 paires de facteurs complémentaires déterminant la résistance.

Cette distribution théorique correspond aux proportions phénotypiques : 27 : 9 : 9 : 3 : 9 : 3 : 3 : 1 pour 64 plantes, soit 77,2 : 25,7 : 25,7 : 8,58 : 25,7 : 8,58 : 8,58 : 2,86, pour les 180 plantes observées par Wismer.

Comparons à cette distribution théorique la première distribution de Wismer en supposant que chaque phénotype correspond à une distribution binomiale dont les classes extrêmes chevauchent sur celles des distributions voisines. Nous obtenons un excellent accord, puisque sur 100 essais, nous aurions 90 chances d'obtenir un écart égal ou supérieur à celui obtenu.

c.	o.		$\frac{(o-c)^2}{c}$
77,2	66, 9	75	0,6
25,74	8, 11, 4	23	0,3
25,74	4, 13, 9	26	0,0
8,58	9		0,0
25,74	5, 5, 4, 5, 5	24	0,12
20,02	19		0,5
$\chi^2 = 1{,}52$. P = 0,90.			

c.	o.		$\frac{(o-c)^2}{c}$
77,2	37, 30	67	1,3
25,74	15, 6, 8	29	0,4
25,74	8, 14, 4	26	0,1
8,58	5, 5	10	0,25
25,74	6, 5, 2, 3, 2, 4, 4	26	0,0
20,02	4, 5, 6, 6, 5, 2, 1	29	4,0
$\chi^2 = 6{,}05$. P = 0,30.			

Comparons à cette même distribution théorique la deuxième distribution, nous obtenons un accord beaucoup moins bon, et tel que sur 100 essais, nous ne devons prévoir que 30 essais nous donnant des écarts égaux ou supérieurs à ceux que nous obtenons.

Les résultats ne permettent pas de conclure que la seconde distribution est statistiquement différente de la première, ne permettent pas de conclure qu'il existe dans le Kansas plus d'une forme physiologique de *Tilletia levis.* C'est cependant vraisemblable; dans ce cas, la comparaison des deux distributions semble montrer qu'il est logique d'ajuster, à une distribution théorique, une distribution observée relativement à l'effet, sur un hôte, de l'inoculation *d'une forme physiologique* de parasite, plutôt qu'une distribution observée relativement à l'effet d'un mélange de formes : la variance de la seconde distribution doit être plus grande que la variance de la première et représenter l'effet cumulatif d'un plus grand nombre de variances élémentaires; son analyse doit se faire par l'analyse de la variance [1]

BIBLIOGRAPHIE.

Akerman, Granhall, Hagander. — *Ophiobolus graminis.* (*Rev. Appl. Mycol.*, XIV, p. 351, 1935.

Bird (J. N.). — Influence of rust injury on the vigour and yield of timothy. (*Scient. Agr.*, 14 10, p. 550-559, 1 fig., 2 graph., 1934.)

Blodgett (F. M.) et Mader (E. O.). — A method of recording the distribution of copper dusts or spray in leaves. (*Phytopathology*, 24, 418-423, 1934.)

Blodgett (F. M.) et Howe (F. B.). — *Cornell Expt. station.* (*Bulletin*, 581, 1934.)

Briggs (F. N.). — Inheritance of resistance to bunt, *Tilletia tritici* in white Odessa wheat. (*Journ. Agric. Research*, 40, 353-359.)

Darmois (G.). — Statistique et Applications. (A. Collin, Paris, 1934.)

Demolon (A.). — Croissance des végétaux, p. 112. (Dunod, Paris, 1934.)

Fellows et Ficke. — Effects on wheat plants of *Ophiobolus graminis* at different levels in the soil. (*J. Agric. Res.*, 49, 871, 1934.)

Fisher (R. A.). — Statistical methods for Research Workers. (Oliver and Boyd, Edinburgh, 1934.) The design of Experiments, (Oliver and Boyd, 1935.)

Florell (V. H.). — Effect of date on seeding on yield, lodging, maturity and nitrogen content (*Journ. Amer. Soc. Agron.*, 21, 275, 1929.)

Gaines (E. F.) et Smith. — Reaction of varieties and hybrids of wheat to physiologic forms of bunt. *Journ. Amer. Soc. Agron.*, 25, 273, 1933.)

Gravatt (A. R.). — Germination loss of coniferous seeds due to parasites. (*Journ. Agric. Research*, 42, 71-92, 1931.)

Grossmann (Helene). — Untersuchungen über die Welkekrankheit des Flachses. (*Phytop. Zeitsch*, 7, 6, p. 545, 1934.)

[1] Nous désirons remercier ici le docteur Melchers, directeur des Services de Pathologie végétale du Collège d'agriculture, Manhattan, Kansas, qui a bien voulu examiner le manuscrit de ce paragraphe commentant des résultats acquis dans ses services.

Hill (H. D.). — A comparative study of certain tissues of giant hill and healthy potato plant. (*Phytopathology*, 24, 577-598, 1934.)

Horne (A. S.). — Biological work on fruit. (*Rept. Food Investigation Board*, 228, 230, 1934.)

Johnston (C. O.). — The effect of mildew. (*Phytopathology*, 24, 1045, 1934.)

Jones (L.-K.). — Factors influencing the effectiveness of organic mercury dusts in pea-seed treatment. (*Journ. Agric. Res.*, 42, n° 1, 1931, p. 25.)

Mains (E. B.). — Inheritance of resistance to powdery mildew *Erysiphe graminis-tritici* in wheat. (*Phytopathology*, 24, 1257, 1934.)

Marin Graf. — Studies on powdery mildew of cereals. (*Cornell Agric. Expt. Stat.*, memoir 157, 1934.)

Melchers (L. E.). — Investigations on physiological specialization of *Tilletia laevis* in Kansas. (*Phytopathology*, 24, 1203-1226, 1934.)

Moore (M. H.). — Spraying and dusting experiments on the control of apple scab (*Venturia inaequalis*) and apple mildew (*Podosphaera leucotricha*) at East Malling in 1931-32. (*Journ. Pomology and Hort. Sc.*, 12, 57-59, 1934.)

Palmiter (D. H.). — Variability in monoconidial cultures of *Venturia inaequalis*. (*Journ. Agric. Res.*, 24, 22-47, 1934.)

Porte (W. S.). — Notes on the control of transit and storage decays of tomatoes by the use of chemical washes. (*Phytopathology*, 24, 1304-1312, 1934.)

Reed (H. S.). — Correlation between severity of pruning and subsequent growth and fruit yield of apricot trees. (*Journ. Agric. Research*, 48, 1-30, 1934.)

——— — A 16 year experiment in apricot pruning. (*Univ. Calif. Agric. Expt. Stat.*, Bulletin 574, 1934.)

Rieman (G. H.). — Genetic factors for pigmentation in the onion and their relation to disease resistance. (*Journ. Agric. Research*, 42, n° 5, 1931, p. 251.)

Sprague (R.). et Fellows. — Cercosporella foot rot of winter cereals. (*U. S. Dept. Agric. techn. Bull.* 428, 1934.)

Tippett (L. H. C.). — The methods of statistics. (Williams et Norgate, London, 1931.)

Treloar (A. E.). — Outlines of biometric analysis. (Burgess Publishing Co., Minneapolis, 1933.)

Weigert et Weizel. — Ertrags-und Güteminderung bei Getreide durch Fusskrankheiten. (*Prakt. Bl. Pflanzenb.*, 12, 1935.)

IV. ANALYSE DE LA VARIANCE.

Définition. — Par « variance », $V = \sigma^2$, Fisher désigne le carré de la déviation probable ou écart type, ou erreur quadratique σ (Demolon, p. 113).

Ainsi, la variance entre dans la définition plus générale de « mean square » ou « carré moyen » défini par Darmois (*Statistique et applications*, p. 17).

La différence entre variance et carré moyen apparaîtra à la lumière de l'analyse de la variance.

L'« erreur expérimentale », qui est, au sens strict, la déviation standard d'une moyenne : $\sigma_m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$ s'exprime alors par $V_m = \frac{V}{n}$; mais l'analyse de la

variance permet de réserver à l'erreur expérimentale la signification d'une déviation résiduelle : c'est le reliquat qui, dans la variance totale, ne peut être imputé par l'analyse de la variance à aucune cause expérimentale définie.

1. Variance d'une différence.

Il est classique de répéter que la variance d'une différence entre deux moyennes x_1, et $\bar{x}_2$ est la somme des variances qui affectent chacune de ces moyennes $\bar{x}_1$ et $\bar{x}_2$.

Cette formule $$\sigma^2_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sigma^2_{\bar{x}_1} + \sigma^2_{\bar{x}_2}$$

n'est exacte que lorsque les moyennes x_1 et $\bar{x}_2$ correspondent à des séries de variables indépendantes, ce qui est rarement le cas dans les expériences agronomiques ou dans les expériences phytopathologiques faites dans le champ ; presque toujours les conditions mêmes de l'expérience, et en particulier l'hétérogénéité du sol ou la constitution génétique des plantes soumises à l'expérience, introduisent, entre les variants, une corrélation dont le coefficient r peut être plus voisin de ± 1 que de zéro.

La variance d'une différence entre deux moyennes est alors donnée par la formule générale

$$\sigma^2_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sigma^2_{\bar{x}_1} + \sigma^2_{\bar{x}_2} - 2r\,\sigma_{\bar{x}_1}\,\sigma_{\bar{x}_2}$$

Si $r > 0$, cas de deux séries parallèles telles que celles que permet d'étudier la méthode d'appariage de Student, la variance de la différence est plus petite que la somme des variances des moyennes : il n'est donc indiqué d'appliquer la méthode de Student que lorsque les deux valeurs à apparier, de série à série, sont liées par une corrélation assez forte pour compenser la perte de précision qu'entraîne l'estimation de la variance sur un nombre de degrés de liberté réduit par l'appariage des variants.

Si $r < 0$, la variance de la différence est plus grande que la somme des variances des moyennes.

Traiter dans son ensemble le problème du calcul de la variance d'une différence entre deux moyennes exige donc la discussion des problèmes de la corrélation. Mais les termes de corrélation partielle, corrélation multiple, n'ont acquis leur sens actuel qu'à la suite des méthodes d'analyse de la variance mises au point au cours de ces récentes années par Fisher.

Influence de la corrélation. — Soient deux séries de quantités x'_1 et x'_2, chacune mesurée directement comme déviation d'une moyenne générale.

La somme des carrés de leur différence :

$$S(x'_1 - x'_2)^2 = S(x'^2_1) + S(x'^2_2) - 2\,S(x'_1 x'_2)$$

Si les variables ne sont pas indépendantes ($r \neq 0$) le produit $x'_1\ x'_2 \neq 0$. Or :

$$r = \frac{S(x'_1)(x'_2)}{\sqrt{S(x'^2_1) \times S^2(x'^2_2)}}$$

et représente le coefficient de linéarité des 2 séries x'_1 et x'_2; d'où :

$$S(x'_1 x'_2) = r\sqrt{S(x'^2_1)\ S(x'^2_2)}$$

En substituant, en divisant par $(N - 1)$ il vient :

$$\sigma^2_{x1-x2} = \sigma^2_{x1} + \sigma^2_{x2} - 2r\,\sigma_{x1}\,\sigma_{x2}$$

Si $r = 0$, nous obtenons la formule générale de la déviation standard d'une différence entre variables indépendants.

Si $r > 0$, cas de deux séries parallèles telles que celles qu'étudie la méthode de Student, la déviation standard de la différence est plus petite.

Si $r < 0$, la déviation standard est augmentée.

Trop souvent, les auteurs considèrent comme négligeable la corrélation entre les deux distributions qu'ils étudient. Or, K. Sax (1924) remarque que, dans la plupart des expériences horticoles ou agronomiques, l'hétérogénéité du sol introduit une corrélation importante entre les plantes ou les parcelles mises en comparaison au cours d'une même année, et l'effet des différentes saisons introduit aussi une corrélation importante entre les résultats acquis au cours d'années successives.

Sax rappelle l'exemple fourni par Love, de la comparaison, au cours de neuf années successives, des rendements de ces deux variétés d'avoine : «Great Northern» qui a produit, en moyenne 7,4 «bushels» par «acre» de plus que «Big Four».

La probabilité que cet excédent n'est pas dû au hasard n'est que de 5 contre 1, lorsqu'on calcule P par les méthodes usuelles qui négligent le terme $2rS_{x1}S_{x2}$; mais la correction correspondant à cette corrélation qu'introduit, entre les deux rendements, l'effet des variations dues aux saisons successives, porte à 1.500 contre 1 les chances que Great Northern soit réellement plus productif que Big Four.

L'utilisation de la formule complète :

$$\sigma^2_{x1-x2} = \sigma^2_{x1} + \sigma^2_{x2} - 2r\,\sigma_{x1}\,\sigma_{x2}.$$

entraîne des calculs laborieux et introduit une erreur lorsque, par suite du petit nombre des variants étudiés, le coefficient de corrélation est trop fort, et doit

(1) K. Sax : The probable error in Horticultural Experiments. *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sc.*, 1924.

être réduit par l'introduction du facteur de correction de K. Pearson (*Biometrika*, 1917).

Fort heureusement, la méthode de Student tient compte de l'erreur due à l'insuffisance du nombre des variants et, par l'appariage des observations, isole de la variance totale, due en partie à l'influence des fluctuations imposées par les conditions de sol et de climat, la variance due à l'erreur d'échantillonnage, qui est celle dont dépend la signification statistique qui nous permet de juger si les deux distributions parallèles mises en comparaison correspondent à deux échantillons d'une même population homogène ou à deux populations différentes.

2. Les corrélations intraclasses.

§ 1. L'analyse de la variance.

Tandis que les premiers Biométriciens ont consacré le meilleur de leur attention à déterminer des moyennes, les Biométriciens modernes ont appris des Statisticiens tels que Pearson ou Fisher en Angleterre, Pearl, Reed ou Love aux États-Unis, que la moyenne n'acquiert de valeur, en tant qu'élément de généralisation pour le Biologiste ou le Phytopathologiste, que pour autant qu'est déterminée la variabilité des variants individuels dont la moyenne est supposée donner une représentation ; dès 1898 F. Galton écrivait : « Il est difficile de comprendre que les Statisticiens limitent leurs enquêtes à l'établissement de moyennes, et se désintéressent de modes d'expression plus compréhensifs. Une moyenne ne constitue à elle seule qu'un fait isolé, mais l'addition d'un seul autre fait suffit à nous révéler l'existence d'un ordre normal, auquel nous pouvons comparer l'ordre dans lequel nous avons classé nos résultats ».

Les exemples qui précèdent ont mis suffisamment en évidence, à propos de l'emploi des criteria de χ^2, de Z ou de t, pour l'étude de la variance, que la variance est essentiellement additive : si une caractéristique est subordonnée à l'effet de n causes *indépendantes*, responsables chacune d'une certaine variance élémentaire, la variance totale sera la somme de ces variances élémentaires.

C'est pourquoi l'appréciation de la variance dépend du nombre des degrés de liberté, ainsi que nous l'avons explicitement montré dans les paragraphes précédents.

Mais l'appréciation de la variance dépend aussi du coefficient de corrélation entre variants ; nous l'avons implicitement admis en utilisant les méthodes d'appariage de Student, qui ont précisément comme but de permettre une analyse convenable de la variance sans calculer le coefficient de corrélation entre variants, mais nous devons maintenant expliciter le rôle du coefficient de corrélation, en définissant, grâce à l'analyse de la variance, la corrélation « intra classe » et la corrélation « interclasse ».

§ 2. Les corrélations « intraclasses » et l'analyse de la variance.

L'un des résultats les plus importants de la Biométrie et de la Statistique fut de substituer à la notion de causalité celle de corrélation, et c'est peut-être plus particulièrement en Pathologie végétale que ce concept de corrélation se montre fécond car il permet, dans l'Étiologie des maladies parasitaires, par exemple, de tenir compte non seulement du parasite considéré comme « cause » de la maladie, mais encore des facteurs génétiques, biochimiques, écologiques qui permettent à cette « cause » de produire ou non un effet pathologique.

L'étude directe de la corrélation, et le calcul de coefficients de corrélation, pour fructueux qu'ils se soient montrés entre les mains de statisticiens éminents, peuvent cependant conférer statistiquement une impression trompeuse de sécurité : les résultats numériques, s'ils ne sont correctement interprétés, conduisent à prétendre relier statistiquement des phénomènes que la logique force à reconnaître comme indépendants ; tandis que certains problèmes seulement peuvent être judicieusement étudiés par l'étude de la corrélation, la plupart des problèmes, y compris ceux-là même pour lesquels le calcul du coefficient de corrélation constitue une réponse satisfaisante, peuvent être résolus par l'analyse de la variance.

§ 3. L'analyse de la variance considérée comme méthode d'étude de la « corrélation intraclasse ».

La corrélation intraclasse se calcule au moyen des expressions
$ns^2[1+(k-1)r]$ en posant $kns^2 = S^{kn'}(x-x)^2$

$$ns^2[1+(k-1)r] = kS_1^{n'}(\bar{x}_p-\bar{x})^2$$

k étant le nombre des observations dans chacune des n familles, s^2 une estimation de la variance totale.

La première expression représente la somme totale des kn' déviations de toutes les valeurs observées x à partir de leur moyenne générale x; la seconde étant k fois la somme des carrés des n' déviations de la moyenne $\bar{x}_p$ de chaque famille à partir de la moyenne générale x, on peut démontrer que

$$S_1^{kn'}(x-\bar{x})^2 = kS_1^{n'}(\bar{x}_p-\bar{x})^2 + S_1^{kn'}(x-\bar{x}_p)^2$$

le dernier terme étant la somme des carrés des déviations de chaque mesure individuelle à partir de la moyenne de sa famille.

Ces considérations se résument dans le tableau suivant (tableau 38 de Fisher) indiquant le nombre des degrés de liberté mis en jeu dans chaque cas :

	DEGRÉS de LIBERTÉ.	SOMME des CARRÉS.	INTERPRÉTATION POUR LE CALCUL de la corrélation intra-classe.
Au sein de chaque famille......	$n'(k-1)$	$S_1^{kn'}(x-\bar{x}_p)^2$	$ns^2(k-1)(1-r)$
Entre familles..............	$n'-1$	$kS_1^{n'}(\bar{x}_p-\bar{x})^2$	$ns^2[1+(k-1)r]$
Total..............	$n'k-1$	$S_1^{kn'}(x-\bar{x})^2$	ns^2k

Le criterium Z de Fisher défini pour toutes valeurs de k par l'expression

$$Z = \frac{1}{2} \log. \frac{1+(k-1)r}{1-r}$$

est, pour $k=2$ à une constante près, la demi-différence des log. des deux parties constituantes de la somme totale des carrés.

$$Z = \frac{1}{2}\left[\log(1+r) - \log(1-r)\right]$$

Fisher montre que la distribution de Z, pour des échantillons tirés au hasard d'une population, est indépendante de la corrélation qui peut exister au sein de cette population; il en résulte que les déviations des observations individuelles à partir de la moyenne de leur famille sont indépendantes des déviations de ces moyennes à partir de la moyenne générale.

A partir des observations individuelles, nous pouvons donc calculer, indépendamment l'une de l'autre, deux estimations de la variance. Si les deux valeurs trouvées sont égales, la corrélation est nulle; si elles sont voisines, la corrélation peut être tenue pour négligeable; si elles sont significativement différentes, il est possible d'exprimer cette inégalité sous forme de corrélation.

En dernière analyse, l'analyse de la variance permet d'employer le criterium Z de Fisher comme criterium de signification d'une différence entre «variance imputable à l'hétérogénéité expérimentalement introduite» et «variance résiduaire due aux erreurs expérimentales», ou entre variance partielle due à l'une des causes expérimentales d'hétérogénéité et une autre cause expérimentale.

L'étude de la corrélation permet d'employer le criterium r.

Pour calculer r, Harris propose de construire une table symétrique :

1° De la distribution du groupe des kn' observations d'où l'on tire les valeurs

de x et de s (s étant la valeur d'estimation de la déviation standard, k étant le nombre des observations dans chacune des n' familles);

2° La distribution des n' «moyennes de familles» $\bar{x}_1, x_2, \bar{x}_3 ..... x_n$, chacune déduite de k observations. L'équation :

$$kS(x_2 - \bar{x})^2 = n's^2[1 + (k-1)r]$$

permet de calculer r coefficient de corrélation intra classe.

§ 4. Interprétation de l'inégalité des variances partielles en fonction de la corrélation.

Soit une quantité représentant la somme de deux populations de valeurs observées, chaque population, indépendante de l'autre, étant distribuée normalement.

Soit A la variance de la première, B la variance de la seconde.

Appelons A + B la variance de la quantité totale.

Tirons à titre d'échantillons au hasard, un lot de n' valeurs de la première population; ajoutons à chacune de ces n' valeurs un lot de k valeurs tirées de la seconde population; nous tirons donc, de la deuxième population n' familles de k observations.

Dans la population infinie dont ces échantillons sont supposés être tirés au hasard, la corrélation entre membres de la même famille sera :

$$\rho = \frac{A}{A+B}$$

D'un tel lot de kn' valeurs, nous pouvons obtenir une estimation des valeurs de A et de B, en d'autres termes, nous pouvons analyser la variance en ses portions attribuables à deux causes; la corrélation intra classe représente dans la variance totale la fraction imputable à la cause qui affecte les observations d'une même famille. (Fisher, p. 212.)

La valeur de B peut s'estimer directement, par intégration des variations existant au sein de chaque famille :

$$S_1^{kn'}(x - \bar{x}_p)^2 = n'(k-1)B$$

La moyenne des observations pour chaque famille comporte deux parts : une première partie affectée d'une variance A, une seconde partie qui (étant la moyenne des k valeurs tirées de la seconde population de variance B, a pour variance $\frac{B}{k}$.

Par conséquent, d'après la variation observée pour les moyennes des familles, nous pouvons écrire :

$$k\,S_1^{n'}(\bar{x}_p - \bar{x})^2 = (n' - 1)(kA + B)$$

en posant $S^2 = A + B$;

En appelant r l'estimation de la corrélation, nous pouvons résumer les résultats d'après le tableau 39 de Fisher reproduit avec sa permission de *Statistical Methods*, (Oliver and Boyd, London, 1935).

	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMME DES CARRÉS.	INTERPRÉTATION POUR LE CALCUL DE LA CORRÉLATION.
Au sein des familles.........	$n'(k-1)$	$S_1^{kn'}(x-x_p)^2$	$n'(k-1)B = n's^2(k-1)(1-r)$
Entre familles.............	$n'-1$	$kS_1^{n}(\bar{x}_p-\bar{x})^2$	$(n'-1)(kA+B) = (n'-1)s^2[1+(k-1)r]$
Total.............	$n'k-1$	$S_1^{kn'}(x-\bar{x})^2$	$(k-1)kA+(n'k-1)B = s^2[n'k-1-(k-1)r]$

La table 39 diffère de la table 38 par la substitution dans la dernière colonne de n' à n dans la première ligne, de $n'-1$ à n dans la deuxième.

Le rapport des sommes des carrés est altéré dans la proportion $\frac{n'}{n'-1}$ ce qui élimine l'erreur qu'introduisait, dans la première méthode de calcul, l'estimation de la variance totale des n' familles de k *individus non indépendants* en égalant à ns^2k la somme des carrés des déviations de chacun de ces individus à partir de leur moyenne, *comme s'ils étaient indépendants.*

§ 5. Signification statistique d'une différence entre variances.

La signification d'une corrélation intra classe peut s'apprécier directement par l'examen d'une table d'analyse de variance sans calculer r.

S'il n'y a pas de corrélation, A ne diffère pas significativement de zéro. L'ensemble des observations représente alors une population homogène de variance B.

La signification des corrélations intra-classes introduit celle de la signification de la différence que peuvent présenter les variances partielles isolées par l'analyse d'une variance totale.

Déterminer cette signification se ramène à déterminer si une estimation de la variance mettant en jeu n_1 degrés de liberté diffère significativement d'une seconde estimation mettant en jeu n_2 degrés de liberté.

Fisher, par le calcul de sa table VI, réduit le problème au calcul de Z qui représente la demi-différence des log. naturels des deux estimations de la variance σ_1^2 et σ_2^2 (ou la différence des log. de σ_1 et σ_2). P étant la probabilité (0,05 ou 0,01) qu'une certaine valeur de Z soit dépassée du seul fait du hasard, il suffit de chercher dans la table VI de Fisher, pour les valeurs correspondantes de n_1 et n_2, le seuil de signification correspondant à la valeur calculée de Z.

§ 6. LE CRITERIUM Z DE FISHER SIGNIFICATION DES DIFFÉRENCES ENTRE VARIANCES.

La signification de la différence entre deux variabilités, correspondant chacune à deux lots de N_1 et N_2 échantillons (N_1 et N_2 étant grands) se calcule en admettant que $(S_1\text{-}S_2)$, différence des deux déviations standards correspondant chacune à un lot, est distribuée normalement avec une déviation standard

$$\sqrt{\frac{\sigma^2}{2N_1}+\frac{\sigma^2}{2N_2}}$$

où σ est la déviation étalon de la population du sein de laquelles les échantillons sont supposés être extraits. Ne connaissant pas σ, on lui substitue, comme valeurs, S_1 et S_2. (TIPPÉTT, p. 83.)

Les erreurs résultant de cette approximation sont importantes dans le cas des échantillons peu nombreux et c'est pourquoi FISHER a proposé (1924-1930) cet index

$$Z=\frac{1}{2}(\log_\varepsilon S_1^2-\log_\varepsilon S_2^2)=\log_\varepsilon \frac{S_1}{S_2}$$

où S_1^2 et S_2^2 sont les deux variances calculées d'après le nombre des degrés de liberté.

Pour des échantillons de N_1 et N_2 individus prélevés du sein de la même population, n_1 et n_2 étant le nombre des degrés de liberté, la distribution de Z est de la forme

$$df=k\frac{e^{n_1 z}}{(n_1e^{2z}+n_2)^{1/2\,(n_1+n_2)}}dZ$$

$\left.\begin{array}{l} n_1=N_1-1 \\ n_2=N_2-1 \end{array}\right\}$ sont les nombres de degrés de liberté.

k est une constante.

Cette distribution de Z a des relations avec la distribution de χ^2.

Cette distribution, où n'interviennent que les variables Z, n_1 et n_2 est indépendante de σ, déviation standard de la population.

Comme elle n'implique aucune approximation, elle s'applique aux lots d'un petit nombre d'échantillons.

Z peut varier entre $-\infty$ et $+\infty$

$Z<0$ pour $s_1/s_2<1$

$Z>0$ pour $s_1/s_2>1$

La distribution est asymétrique, sauf quand $n_1=n_2$.

La partie positive de la courbe de $Z=s_1/s_2$ est cependant la même que la partie négative de la courbe de $Z=s_2/s_1$.

Il suffit donc de connaître les probabilités correspondant aux intégrales des déviations positives, pour les divers nombres de degrés de liberté. Les autres s'obtiennent en intervertissant S_1 et S_2. Cependant, pour éviter d'employer des valeurs négatives de Z, on fait que la différence des log. soit toujours positive, en appelant n_1 le nombre des degrés de liberté correspondant à la mesure de la variance la plus forte.

Fisher, en 1930, a publié les valeurs de Z auxquelles les ordonnées coupent, sur la queue de la distribution de Z : 5 p. 100, et 1 p. 100 de la surface totale de la courbe ($P = 0,05$ et $P = 0,01$) pour les diverses valeurs de n_1 et n_2. (Il serait désirable d'avoir les Tables correspondant à ces mêmes valeurs pour s_1/s_2 ou pour s_1^2/s_2^2).

Dans le cas de la signification de la différence entre deux moyennes, les points à considérer correspondent aux niveaux de signification 5 p. 100 et 1 p. 100.

Ici : 1° la distribution n'est pas normale ;

2° Les deux variances sont par hypothèse des estimations d'une valeur statistique correspondant à une seule et même population, et Z (différence entre les log. nat. des deux déviations standards) est nul.

Nous considérerons comme correspondant au niveau de signification 0,05 les valeurs de Z correspondant aux ordonnées qui chacune (à une des extrémités de la courbe) coupe une queue correspondant à 0,025 de la surface totale.

Le niveau de signification de 5 p. 100 se place donc, dans les Tables de Fisher, entre les points correspondant à 5 p. 100 et à 1 p. 100.

§ 7. Erreurs d'échantillonnage des coefficients de corrélation intraclasse.

Ces erreurs d'échantillonnage peuvent être étudiées par « l'analyse de la variance » mais puisque nous avons étudié le problème du point de vue « corrélation » nous pouvons donner, d'après Fisher, une formule de Z en fonction du coefficient de corrélation

$$Z = \frac{1}{2} \log \frac{1 + (k-1)r}{1-r}$$

les valeurs de r pour une valeur déterminée de Z sont données dans la table V B. de Fisher.

La « corrélation intraclasse » mesure l'importance relative de deux groupes de facteurs déterminant la variation. Son calcul est donc une forme d'analyse de la variance.

Ce calcul implique la détermination des deux quantités kns^2 et $ns^2[1 + (k\text{-}l)r]$ en les posant égales à

$$\int_1^{kn'} (x - \bar{x})^2$$

et à

$$k \int_1^{n'} (\bar{x}_p - \bar{x})^2$$

La première de ces intégrations est la somme des kn' « sommes des carrés de déviations » (c'est-à-dire des sommes des carrés de déviations correspondant à toutes observations) à partir de la moyenne générale $(\bar{x})$.

Or,

$$S_1^{kn'}(x-\bar{x})^2 = kS_1^{n}(\bar{x}_p - x)^2 + S_1^{kn'}(x-\bar{x}_p)^2$$

où le dernier membre de l'équation est la somme des carrés des déviations de chaque mensuration individuelle à partir de la moyenne de la famille à laquelle elle appartient $(\bar{x}_p)$.

La table suivante résume ces relations en montrant :

1° Le nombre des degrés de liberté mis en jeu dans chaque cas;

2° Les intégrations à effectuer;

3° L'interprétation de chaque élément du calcul du coefficient de corrélation intraclasse. (Fisher, *Statistical Methods*, p. 211.)

	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMMES DES CARRÉS.	
Dans une famille...............	$n'(k-1)$	$S_1^{kn'}(x-x_p)^2$	$ns^2(k-1)(1-r)$
Entre familles...............	$n'-1$	$k\,S_1^{n'}(\bar{x}_p-\bar{x})^2$	$ns^2[1+(k-1)r]$
Total...............	$n'k-1$	$S_1^{kn'}(x-\bar{x})^2$	ns^2k

Le critérium Z de Fisher est (à une constante près) égal à la demi-différence des log. de chacune des deux parties résultant de l'analyse de la somme des carrés.

§ 8. Exemple d'analyse de la variance par la « corrélation intraclasse ».

Soient 30 Pommiers répartis en 6 lots de 5.

Chaque arbre reçoit 5 kilogrammes d'un des engrais suivants : lot N (sulfate d'ammoniaque), lot K (chlorure de potassium), lot P (superphosphate) lot KPN (5 kilogrammes de chacun des engrais). (Horne.)

Sur chacun des 5 arbres de chacun des 6 lots, 6 pommes furent cueillies, mises en frigorifique et inoculées avec une culture de *Cytosporina ludibonda*. L'extension radiale (en m/m), des lésions obtenues, fut mesurée jour par jour dans le but d'étudier la corrélation entre la vitesse d'extension et le mode de fumure.

Les résultats se prêtent à l'analyse de la variance.

1. Nous étudions 6 pommes de chacun des 30 pommiers. Soit $6 = k$ le nombre des pommes dans chaque « famille » ainsi constituée. Chacune des 30 séries de k pommes nous fournira $k(k-1)$ valeurs à entrer dans une table symétrique; la méthode de Harris permet de déduire rapidement de cette table la

valeur de la corrélation en utilisant les deux distributions suivantes (où $n' = 30$ représente le nombre des séries) :

a. La distribution du groupe total de kn' observations nous permet de calculer les valeurs de la moyenne $\bar{x}$ et de la déviation standard S;

b. La distribution des n' moyennes des «familles de 6 pommes» : $\bar{x}_1, \bar{x}_2 \ldots \bar{x}_n$, (représentant chacun les moyennes dérivées de k valeurs) fournit l'équation :

$$kS\,(x_p - \bar{x})^2 = n's^2[1 + (k-1)r]$$

qui permet de calculer la valeur de r, coefficient de «corrélation intra-classe».

$S\,(\bar{x}_p - x)^2$ représentant une somme de carrés, doit avoir une valeur positive; par conséquent r, s'il est négatif, ne peut dépasser $-1/(k-1)$. Au contraire r peut prendre toute valeur positive jusqu'à $+1$. (Fisher, p. 202.)

Enfin, si k, nombre des individus dans chaque famille, n'a pas *nécessairement* une limite supérieure fixe (et aucune raison ne limite *nécessairement* à un nombre *fixe* le nombre des pommes prises sur chaque pommier) nous ne pouvons trouver de corrélation négative entre les familles, (c'est-à-dire, le coefficient de corrélation intraclasse ne peut avoir de valeur négative).

2. Nous aurions pu, au contraire, numéroter, dans chaque famille, chaque pomme de 1 à 6, c'est-à-dire établir, dans chaque famille, 6 classes, et chercher la corrélation interclasse en calculant la moyenne $\bar{x}_1$ pour les 30 pommes n° 1 (correspondant à 30 pommiers différents), la moyenne $\bar{x}_2$ pour les 30 pommes n° 2 . . . . . . la moyenne $\bar{x}_6$ pour les 30 pommes n° 6.

Dans le cas des échantillons pris au hasard, la distribution est indépendante de la corrélation qui peut exister dans la population d'où les échantillons sont tirés au hasard, car la déviation de chaque observation à partir de la moyenne de la famille correspondante est indépendante de sa déviation à partir de la moyenne générale.

Ainsi que nous l'indiquions (p. 224) les résultats à analyser statistiquement nous fournissent donc le matériel pour 2 analyses de la variance : si ces variances sont égales, la corrélation est 0 ; si les variances estimées ne diffèrent pas significativement, la corrélation est négligeable; si les variances diffèrent de façon significative, nous pouvons exprimer cette différence en fonction de coefficient de corrélation.

Analyse de la variance de l'extension quotidienne (en millimètres) de l'infection des pommes par Cystosporina ludibonda.

ARBRE.	N	K P N	K	P	C	F	SOMMES.	MOYENNES.	SOMMES DES CARRÉS.
1.	1,15	1,76	1,15	1,03	0,98	0,95	7,02	1,17	8,65
2.	0,58	1,26	0,97	0,43	1,04	1,03	5,31	0,88	5,17

ARBRE.	N	KPN	K	P	C	F	SOMMES.	MOYENNES.	SOMMES DES CARRÉS.
3	1,05	1,20	0,57	0,87	1,10	0,43	5,22	0,87	5,20
4	1,21	1,19	1,55	1,16	0,49	0,62	6,22	1,04	6,95
5	1.03	1,27	1,11	0,47	1,39	0,39	5,66	0.93	6,50
Sommes	5,02	6,68	5,35	3,96	5,00	3,42	29,43	//	//
Moyennes	1,00	1,34	1,07	0,79	1,00	0,67	//	0,98	//
Sommes des carrés	5,27	9,13	6,21	3,55	5,42	2,89	//	//	32,47

La somme des carrés des rangées horizontales est :

$$(1,15)^2 + (1,76)^2 \ldots\ldots + (0,95)^2 = 8,65.$$

....

La somme des carrés des rangées verticales est :

$$(1,15)^2 + (0,58)^2 \ldots\ldots + (1,03)^2 = 5,27.$$

....

La somme de ces «sommes de carrés» est égale à 32,47.

La correction $\frac{(29,37)^2}{30} = \frac{86,26}{3} = 28,75$ est à soustraire des valeurs suivantes pour calculer : 1° la variance totale; 2° les éléments de la variance.

1° La somme totale des carrés est égale à la somme des carrés (32,47) moins la correction 28,75, soit 3,72 par application de la formule :

$$\sigma^2 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x^2)}{N}$$

2° La somme :

$$\frac{(7,02)^2 + (5,35)^2 + (5,22)^2 + (6,22)^2 + (5,60)^2}{6} - 28,75 = 0,35,$$

représente la variance entre moyennes d'arbres.

3° La somme :

$$\frac{(5,02)^2 + (6,68)^2 + (5,35)^2 + (3,96)^2 + (5,00)^2 + (3,42)^2}{5} - 28,75 = 1,45.$$

représente la «variance entre moyennes de parcelles correspondant chacune à une application particulière d'engrais».

4° La différence entre la somme totale (1) et la somme des deux sommes (2 et 3), est attribuable aux erreurs d'échantillonnage.

TABLEAU 11.

ORIGINE DE LA VARIATION ENTRE MOYENNES	NOMBRE DE DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMMES DES CARRÉS.	MOYENNE.	
D'arbres	4	0,35	0,35/4 = 0,088	
De parcelles	5	1,45	1,45/5 = 0,290	
Erreurs d'échantillonnage	20	1,92	1,92/20 = 0,096	
TOTAL	29	3.72		$\sigma = 0,36$

Le quotient, par le nombre total des degrés de liberté (29), de la somme totale des carrés (3,72), représente la variance σ^2; la racine carrée σ représente la déviation standard.

Le nombre total des degrés de liberté 29 représente le nombre total des 30 pommiers en expérience moins une unité. En effet, en utilisant la moyenne $\bar{x}^2$ (déduite de la somme des 30 variants) au calcul de σ^2, nous avons détruit un degré de liberté entre ces 30 variants et il n'en reste que 29.

On montre de même qu'entre les 5 arbres de chaque parcelle, par suite du calcul de la moyenne, il n'existe plus statistiquement que 4 degrés de liberté, et qu'entre les 6 parcelles n'existent que 5 degrés de liberté.

Les 4 degrés de liberté «entre arbres» et les 5 degrés de liberté «entre parcelles» mettent en jeu 4×5 degrés de liberté, d'erreurs d'échantillonnage.

Nous retrouvons donc un total de 20 degrés de liberté.

Chaque somme des carrés, divisée par le nombre correspondant des degrés de liberté, donne la moyenne qui permet d'apprécier chaque élément de la variance en utilisant le critérium Z de FISHER. Rappelons que Z est la demi-différence des $\log x$ de 2 moyennes telles que celles du tableau 11. Pour obtenir cette demi-différence il suffit de multiplier par 1,1513 la différence des $\log_{10}$.

$$\text{Log } 0,290 = 9,4624 - 10;$$
$$\text{Log } 0,096 = 8,9822 - 10;$$
$$\text{Différence} \quad 0,4802$$

$$Z = 0,4802 \times 1,151 = 0,552.$$

Pour $n_1 = 5$ et $n_2 = 20$; la distribution de Z, publiée par FISHER, indique que la valeur de Z correspondant au seuil de signification de 5 p. 100 est 0,498, celle correspondant au seuil de signification de 1 p. 100 de 0,700. La valeur que nous avons trouvée pour Z (qui est 0,552) étant supérieure à celle qui correspond au seuil de 5 p. 100, nous pouvons conclure que la variance entre traitements dépasse de façon significative la variance entre arbres.

D'ailleurs, le même critérium Z peut être appliqué à comparer la variance entre moyennes d'arbres et la variance due aux erreurs d'échantillonnage :

Log 0,096 = 8,9822 — 10;
Log 0,088 = 8,9444 — 10;

Différence 0,0378 d'où $Z = 0,0378 \times 1,1513 = 0,043$.

Pour $n_1 = 20$ et $n_2 = 4$, le seuil de 5 p. 100 se place à $Z = 0,88$, le seuil de 1 p. 100 à 1,32. La valeur 0,043 trouvée pour Z étant inférieure à l'une ou l'autre de ces valeurs, nous pouvons conclure que les pommiers (*indépendamment de la variabilité introduite par les traitements*) constituent une population homogène.

L'analyse de la variance nous permet donc de conclure que l'effet des engrais a réellement un effet sur la vitesse d'extension des lésions de *Cytosporina ludibonda*.

3. Analyse de la variance, chaque observation pouvant être classée selon deux criteria indépendants.

A. Application à l'analyse de la variance des poids spécifiques des blés appartenant à 4 variétés différentes et récoltés dans 12 stations du Maroc.

Remarque. — L'analyse de la variance des poids spécifiques des blés du Maroc met en cause ici, en outre des facteurs agronomiques, des facteurs pathologiques; dans certaines stations (Tadla, Safi), le poids spécifique est nettement inférieur, pour la plupart des variétés, à ce qu'il est, dans d'autres stations, du fait, écrit Miège, des conditions climatiques de l'année 1933, «une sécheresse prématurée, suivie de siroco au moment de la formation et la maturation des grains ont eu pour conséquences de réduire le poids spécifique», ce qui permet de supposer qu'il existe, dans la population des 48 observations, une hétérogénéité introduite par le fait que les observations ont été recueillies 4 par 4 dans 12 stations différentes.

Enfin, il apparaît une variance résiduelle sous forme d'irrégularité des chiffres par colonne ou par rangée. C'est cette variance résiduelle que nous nous proposons d'abord de calculer.

Calcul des moyennes et de leur variance (tableau I).

1° Faire la somme des 12 valeurs observées de chacune des 4 rangées.

Faire la somme des 4 valeurs observées de chacune des 12 colonnes.

Le total des 4 sommes partielles par rangées ou des 12 sommes partielles par colonnes est 313,1.

La moyenne générale : $\frac{313,1}{48} = 6,52$.

Les moyennes «par variété» et «par station» figurent dans le tableau I à titre purement documentaire; elles ne fournissent pas d'élément de calcul dans la méthode d'analyse de la variance, mais elles permettent de calculer immédiatement la variance générale.

TABLEAU I.

Excès des poids spécifiques au-dessus de 70.

HYBRIDE.	CASA.	MAZ.	RABAT.	MARR.	MEKNÈS.	FEZ.	RHARB.	MAR.	TADLA.	TAJA.	MO.	SAFI.	SOMME.	MOYENNE.	SOMME DES CARRÉS
284	7,3	5,9	5,0	13,2	12,2	10,7	8,4	10,1	0,5	3,9	12,0	0,0	88,8	7,40	//
335	7,4	7,2	4,6	6,1	7,5	9.7	5,4	8,8	0,3	0,0	1,0	3,6	61,6	5,13	//
422	8,4	1,9	6,2	9,2	10,9	9.7	7,4	8,9	1,4	7,6	9,2	2,3	83,1	6.92	//
588	9,0	5,8	8.7	14,2	7,7	10,8	4,7	4,2	8,2	0,0	11,2	— 5,0	79,5	6,62	//
TOT L.	32,0	20,8	24,5	42,7	38,3	40,9	25,9	32,0	10,4	11,5	33,4	0,9	= 313	//	//
Moy...	8	5,2	6,1	10,7	9,6	10,1	6,5	8	2,6	5,95	8,4	0,3	.... =	6,60	//
Somme des carrés.	53,29	34,81	25,00	174,2	148,84	114,5	70,5	102	0,25	15,2	144	0,00	....	.... =	882,59
	54,76	51,84	21,16	37,21	56,25	94,09	29,16	77,14	0,00	0,00	1,00	12	....	.... =	434,61
	70,76	03,61	38,44	84,64	118,41	94,09	54,76	79,20	01,96	57,76	84,64	5,3	....	.... =	693,57
	81	33,64	71,69	201.64	59,29	116,64	22.09	17,64	67,24	0,00	125,44	25,0	....	.... =	821,31
	259,81	123,90	156,30	497,7	382,79	419,23	176,51	276,2	69,45	72,96	355,08	42,3	....	.... =	2832

Dans notre exemple :

1° La somme des carrés «entre moyennes des stations» (tableau I) fait ressortir, des moyennes générales, pour les intégrer en une entité définie, les variations des poids spécifiques dues à la distribution géographique, c'est-à-dire aux effets de chaque milieu;

2° La somme des carrés «entre moyennes des variétés» ne doit intégrer que les seules variations spécifiques : il est admis implicitement que chaque milieu agit de la même façon sur les 4 variétés cultivées en une même station, ce qui paraît légitime ici, puisque nous avons à dessein envisagé les variétés précoces 284, 422, 588 et demi-précoce 335. Mais il faudrait, pour plus de précision, s'assurer que, dans chaque station, les diverses variétés ont subi la phase critique de l'épiaison en même temps, ou du moins dans des conditions de climat comparable.

Colonne 4 (tableau II).

Les moyennes des carrés représentent les quotients des sommes des carrés par le nombre des degrés de liberté correspondant sur la même ligne de la colonne 2.

Signification du nombre de degrés de liberté. — Le nombre des degrés de liberté entre moyennes des variétés ou moyennes des stations est le nombre (n) des variables moins 1. De même le nombre total des degrés de liberté 47 correspond à 48-1, c'est-à-dire au nombre total des variants moins 1.

Cette valeur (n-1) correspond au quotient employé par Student (Biometrika, 1908).

L'explication rationnelle en est que le calcul d'un élément statistique tel que la somme (ou la moyenne) des 48 poids spécifiques, réduit à 47 le nombre des degrés de liberté entre les 48 valeurs entrant dans l'intégration.

En effet, entre les poids spécifiques et leur somme (ou leur moyenne) on peut faire 47 comparaisons indépendantes, mais la 48e est déterminée, c'est la différence :

(Somme des 48 poids spécifiques.) — (Somme de 47 d'entre eux.)

Pour l'erreur d'échantillonnage, le nombre des degrés de liberté est le produit des nombres correspondants «aux variétés» et «aux stations» : $3 \times 11 = 33$

En effet, pour chaque variété, nous calculons une somme;

Fisher représente cette «somme des carrés» par $S\,(x-\bar{x})^2$. Wallace et Snedecor adoptent pour la commodité des calculs à la machine à calculer :

$$\Sigma\,(x^2) - (\Sigma x).\,\bar{x}$$

$$\Sigma\, x^2 - (\Sigma\, \bar{x})\, M_x$$

ou :

$$\Sigma\, x^2 - \frac{(\Sigma\,\bar{x})^2}{n}$$

expressions dont le second terme est appelé «correction» parce qu'il ramène la somme des carrés des valeurs observées à la somme des carrés des déviations à partir de la moyenne.

Ici :

$$\frac{(\Sigma \bar{x})^2}{n} = \frac{(313)^2}{48} = 2041 \text{ (colonne 14 du tableau 1)}$$

Remarque. — La signification de la somme des carrés correspondant aux variations entre moyennes par variétés ressort du calcul direct de sa valeur à partir des moyennes par variétés. Ici :

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n} = \frac{(88,8)^2 + (61,6)^2 + (83,1)^2 + (79,5)^2}{12} - \frac{(313)^2}{48} = 2075 - 2041 = 34$$

La somme des carrés correspondant aux «moyennes des stations» est égale au quotient par 4 (nombre des variétés) de la somme des carrés des 12 sommes partielles, correspondant aux 12 stations, diminué de la correction :

$$\frac{(32,1)^2 + (20,8)^2 + (24,5)^2 + (42,7)^2 + 38,3)^2 + (40,5)^2 + (25,9)^2 + (32,0)^2}{4}$$
$$\frac{+ (10,4)^2 + (11,5)^2 + (33,4)^2 + (0,9)^2}{4} = \frac{10045}{4} = 2511$$

$$2511 - 2041 = 470$$

La somme totale des carrés est $2832 - 2041 = 791$.

La somme des carrés imputable à l'erreur d'échantillonnage est la différence, $791 - (34 + 470) = 287$.

Cette analyse nous permet de discriminer dans le total (791) des sommes du tableau II colonne 3), (p. 96) entre trois parties, imputables :

1° Aux différences de poids spécifiques dues aux variétés (34);

2° Aux variations de ces poids spécifiques sous l'effet du milieu (470);

3° Aux erreurs d'échantillonnage (287).

Nous avons ainsi satisfait aux exigences de Mudgett : «Décomposer une série en ses éléments, dont les uns soient imputables aux effets de forces causales, spécifiques et d'effet défini, tandis que les autres expriment la manifestation de la distribution au hasard des éléments dans un univers stable» ce qui ne laisse que 11 degrés de liberté d'une variété «par rapport aux Stations.»

Nous calculons une somme des 4 poids spécifiques de chaque variété pour chacune des 12 stations, ce qui ne laisse que 3 degrés de liberté pour chacun des 11 groupes indépendants par Station.

L'essentiel de cette méthode est de mettre en œuvre la valeur additive :

1° Des degrés de liberté (colonne 2);

2° Des sommes des carrés (colonne 3).

La moyenne des carrés due à l'erreur d'échantillonnage correspond à l'interaction. Elle mesure la réaction différentielle des blés, quant au poids spécifique vis-à-vis : 1° de la constitution génétique (variété); 2° de l'influence du milieu (station). Le fait que cette réaction n'est pas uniforme tient à l'erreur d'échantillonnage.

Les moyennes des carrés (colonne 4) constituent les résultats numériques de l'analyse de la variance.

Si dans la série totale les 48 poids spécifiques des 48 variétés des 12 stations représentaient les résultats de tirage au sort au sein d'une population uniforme homogène, ou «normale», ces moyennes des carrés ne différeraient que des faibles variations dues au prélèvement au hasard; chacune de leurs valeurs représenterait une estimation juste et indépendante de la variance (σ^2) de la population.

Dans le cas que nous étudions, seule la moyenne des carrés (carré de l'erreur quadratique moyenne) nous donne cette estimation.

Les deux premières valeurs, différentes de cette 3e, nous permettent de conclure à l'hétérogénéité de la population : la différence des variétés et la différence des stations ont introduit une variabilité. Ces deux sommes de variabilité ont été effectivement isolées de l'erreur d'échantillonnage par cette analyse de la variance.

La déviation standard des 48 poids spécifiques «variétés-stations» avant élimination de l'hétérogénéité due aux variétés et aux stations était :

$$\sqrt{\frac{789}{47}} = 4,1$$

Après élimination de ces sources connues de variations, la déviation imputable à l'erreur d'échantillonnage devient :

$$\sigma_e = \sqrt{8,6} = 2,85$$

Cette valeur $\sigma_e = 2,85$ peut être utilisée pour éprouver la signification des diverses différences entre moyennes de stations et moyennes de variétés.

Mais il est beaucoup plus logique d'employer le critérium de Fisher, qui éprouve la signification de la valeur statistique Z.

Z est la moitié du logarithme naturel du quotient de deux quelconques des moyennes des carrés (de la colonne 4 du tableau II).

On peut employer les logarithmes communs; en multipliant par $1/2 \times 2,3026$, c'est-à-dire 1,1513, on effectue simultanément la division par 2 et la transformation du logarithme naturel.

1° Signification de Z pour les variants correspondant aux «moyennes de variétés» et «moyennes de stations».

Log 42,8 = 1,50
Log 11,3 = 1,05

Différence 0,45

$$Z = 0,45 \times 1,1513 = 0,51$$

Or la distribution de Z dépend de n_1, nombre de degrés de liberté correspondant à la plus grande des valeurs (42,8) et de n_2, nombre de degrés de liberté correspondant à la plus petite (11,3). Ici $n_1 = 3$, $n_2 = 11$.

Fisher donne deux tables de Z, l'une indiquant les valeurs qui sont atteintes ou dépassées par 5 p. 100 des échantillons, tirés au hasard de la population homogène infinie, l'autre les valeurs atteintes ou dépassées par 1 p. 100.

La valeur de Z correspondant au seuil 5 p. 100 est, pour $n_1 = 3$, $n_2 = 11$:

0,6387.

La valeur de Z correspondant au seuil 1 p. 100 est :

0,9136.

La valeur de Z calculée d'après les moyennes de variétés et moyennes de stations étant inférieure à chacune de ces valeurs théoriques, n'est pas statistiquement significative.

Analyse de la variance.

L'analyse de la variance, dont les calculs sont présentés à la base du tableau 1, peut s'effectuer selon le schéma du tableau II.

Tableau II.

Origine de la déviation. 1	Degrés de libertés. 2	Sommes des carrés. 3	Carrés moyens. 4
Entre moyennes :			
des 4 variétés	3	34	$34/3 = 11,3 = \sigma_4^2$
des 12 stations	11	470	$470/11 = 42,8 = \sigma^2_{12}$
Résiduaire (erreurs expérimentales)	33	287	$287/33 = 8,6 = \sigma_e^2$
Total entre les 48 variants	47	791	$791/47 = 16,8 = \sigma_t^2$

Colonnes 1 et 2 : origine de la variation et degrés de liberté. — Les degrés de liberté correspondant à l'interaction peuvent se calculer soit comme une différence $(47 - [3 + 11] = 33)$, soit comme un produit $3 \times 11 = 33$.

Cette dernière méthode, très pratique, se justifie ainsi : pour chaque variété, nous calculons une somme de 12 variants que nous utilisons dans nos calculs; nous ne laissons subsister entre ces 12 variants que 11 degrés de liberté par variété. De même, nous calculons pour chaque station une somme de 4 variants, que nous utilisons dans nos calculs; nous ne laissons subsister que 3 degrés de liberté pour chacun des 11 groupes indépendants correspondant aux stations, soit en tout $11 \times 3 = 33$.

Colonne 3 : somme des carrés. — Les calculs auxquels donne lieu l'analyse de la variance ont surtout pour objet d'obtenir la somme des carrés des déviations d'une série de valeurs observées x à partir de leur moyenne $\bar{x}$.

L'analyse de la variance confirme donc les résultats du calcul, par les méthodes de sériation, de l'erreur quadratique : ce qui importe, c'est d'interpréter les différences de moyenne, en fonction des erreurs d'échantillonnage.

2° Signification de Z pour les variations correspondant aux moyennes des variétés et erreurs d'échantillonnage.

$$\begin{aligned} \text{Log } 11{,}3 &= 1{,}05 \\ \text{Log } 8{,}5 &= 0{,}93 \\ \hline \text{Différence} &= 0{,}12 \end{aligned}$$

$$0{,}12 \times 1{,}15 = 0{,}13.$$

Pour $n_1 = 3$, $n_2 = 33$, la valeur de Z pour le seuil 5 p. 100 est 0,5231 et 1 p. 100 est 0,7331.

La valeur de Z calculée pour les moyennes des variétés et des erreurs d'échantillonnage étant plus petite que l'une ou l'autre, n'est pas significative, ce qui confirme les résultats (p.).

3° Signification de Z pour les variations entre moyenne des Stations et erreurs d'échantillonnage :

$$\begin{aligned} \text{Log } 42{,}8 &= 1{,}50 \\ \text{Log } 8{,}5 &= 0{,}93 \\ \hline \text{Différence} &= 0{,}57 \end{aligned}$$

$$0{,}57 \times 1{,}15 = 0{,}655$$

Pour $n_1 = 11$, $n_2 = 33$, la valeur de Z pour le seuil de 5 p. 100 est 0,36 et 1 p. 100 est 0,50.

La valeur calculée 0,655 est donc significative, c'est-à-dire qu'elle doit se rencontrer moins d'une fois, comme seule conséquence du hasard, sur 100 échantillons tirés au hasard d'une population homogène.

Nous pouvons donc conclure que l'analyse de la variance, permettant d'isoler dans la variance totale la part qui revient aux facteurs géographiques et aux erreurs d'échantillonnage, montre que les facteurs géographiques ont introduit une hétérogénéité dans la population des 48 lots des 4 variétés de blé étudiées dans 12 stations.

C'est ce que nous avait déjà montré l'analyse de la variance par la méthode de Student.

Parmi les autres criteria de la signification de la variance entre moyennes de variétés, ou entre moyennes de stations en fonction de la variance résiduelle, signalons le Criterium F. de Snedecor.

Critérium F. de Snedecor.

La variance entre variétés étant 11,3, la variance résiduelle 8,6, le quotient $\frac{11,3}{8,6} = 1,3$ définit le critérium F dont la table publiée par Snedecor (d'après la table *t* de Fisher) permet de définir la signification.

La variance 11,3 correspondant à $n_1 = 3$ degrés de liberté, la variance 8,6 à $n_2 = 33$ degrés de liberté, la table de Snedecor nous indique le seuil de signification de 1 p. 100 correspondant à F = 2,9.

La valeur 1,3 trouvée ici confirme que la variance entre variétés n'est pas significative. (Ce résultat tient sans doute d'ailleurs au fait que les 4 hybrides choisis pour cette étude sont tous remarquables par leur poids spécifique élevé).

En conclusion, si les carrés moyens du tableau II avaient des valeurs du même ordre, l'un quelconque d'entre eux pourrait être considéré comme une valeur d'estimation de la population normale dont les 48 valeurs observées représentent des échantillons pris au hasard.

En fait, ces valeurs diffèrent; d'ailleurs, l'analyse de la variance met en évidence l'hétérogénéité de la population : chaque valeur du tableau I peut être considérée comme un échantillon tiré au hasard d'une population, mais la population n'est pas la même suivant les stations. Chacune des 48 valeurs peut donc être considérée comme la résultante de 3 valeurs élémentaires : l'une dépendant seulement de la variété, la seconde seulement de la station, la troisième variant normalement quant aux 48 stations, est comprise sous la dénomination erreur expérimentale (Irwin) et mesure l'interaction. Par exemple, dans le tableau II figurent deux variances «entre moyennes», une pour chaque critérium de classification; la variance résiduaire peut être attribuée à «l'interaction».

Si les lignes du tableau I montraient, pour chacun des poids spécifiques de variété, une modification due à l'effet de la station considérée, l'interaction serait nulle. Le fait que, par exemple, dans le Maroc oriental, la culture exagère le poids spécifique de l'hybride 284 et diminue celui de 335 par rapport à leurs moyennes respectives, trahit une variabilité fortuite indépendante des criteria «spécificité de l'hybride» ou «station» utilisés dans la classification par colonne ou par ligne, des 48 valeurs observées.

La variance totale des 48 poids spécifiques observés (4 variétés dans 12 stations) était, avant élimination de la variance due à l'hétérogénéité introduite par la différence de variétés et la différence des stations :

$$\sigma^2_{48} = \frac{791}{47} = 16,8.$$

Après élimination de la variance due à ces causes de variation ou d'hétérogénéité expérimentalement introduites, la variance imputable à l'erreur d'échantillonnage (ou à toute autre cause indéterminée) devient : $\sigma^2_e = 8,6$.

B. Application à l'analyse des pourcentages de poires attaquées par *Carpocapsa* (le nombre des observations diffère d'une classe à l'autre).

Poiriers Williams ayant reçu les 2 mai, 30 mai, 15 juin, 17 juillet 1934 les traitements appliqués par Joessel :

12, 13 = arséniates de plomb D et E;
14, 15 = arséniate d'alumine B et C;
16 = arséniate de plomb D (2 traitements), cryolithe (les deux derniers traitements);
17 = témoin sans traitement.

NUMÉROS des ARBRES DE CHAQUE LOT.	TRAITEMENTS.							SOMME DES CARRÉS.
	12.	13.	14.	15.	16.	1.	TOTAL.	
1	66,3	51,6	36,7	66,1	73,9	96,4	"	27.528
2	67,1	55,4	39,5	76,8	74,5	96,4	"	29.872
3	72,8	46,8	44,7	73,6	68,8	"	"	19.638
4	75,2	"	46,4	64,2	57,6	"	"	15.248
Total	281,4	153,8	167,3	280,7	274,8	192,8	1350,8	"
P. C. moyen	70.03	50,50	41.2	70,0	67,1	96,4	"	"
Somme des carrés	19.853	7.921	7.058	19.896	19.062	18.586	"	92.286

Ce tableau peut se résumer ainsi :

WILLIAMS.	12.	13.	16.	14.	16.	1.	TOTAL.
Nombre d'arbres par lot	4	3	4	4	4	2	21
Sommes des pourcentages	281,4	153,8	167,3	280,7	274,8	192,8	1350,8
Pourcentages moyens	70,0	50.5	41,2	70,0	67,1	96,4	65

Terme de correction : $= \frac{(1.350,8)^2}{21} = \frac{1.824.860}{21} = 86.898.$

La somme totale des carrés est : 92.286 — 86.905 = 5.388.

La somme des carrés entre moyennes de traitements est «la somme des quo tients» (de chaque somme partielle de pourcentage par le nombre des pourcentages additionnés pour constituer cette somme partielle) et le terme de correction.

La somme des quotients est ici :

$$\frac{(281,4)^2}{4} + \frac{(153,8)^2}{3} + \frac{(167,3)^2}{4} + \frac{(280,7)^2}{4} + \frac{(274,8)^2}{4} + \frac{(192,8)^2}{2}$$

$$= 19.796 + 7.885 + 6.997 + 19.698 + 18.878 + 18.585 = 91.839.$$

La somme des carrés entre moyennes des traitements est donc :

$$91.839 - 86.898 = 4.941.$$

La somme des carrés «au sein des classes» est la différence :

$$5.388 - 4.941 = 447.$$

Les degrés de liberté «au sein des classes» représentent la différence entre les 20 degrés de liberté (existant entre les 21 pourcentages) et les 5 degrés de liberté existant entre les six traitements.

Analyse de la variance des pourcentages de fruits véreux sur Poiriers Williams.

SOURCE DE VARIATION.	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMMES DES CARRÉS.	CARRÉS MOYENS.
Total	20	5.388	5.388/20 = 269,4
Entre moyennes des traitements	5	4.941	4.941/5 = 988
INTRACLASSE	15	447	447/15 = 30

Il ne reste plus qu'à comparer le carré moyen interclasse 988 au carré moyen intraclasse 30 au moyen du critérium F de SNEDECOR.

$$F = \frac{988}{30} = 33.$$

Dans la Table de distribution de F de SNEDECOR, nous lisons, dans la colonne correspondant à 5 degrés de liberté et à la ligne correspondant à 15 degrés de liberté, que F = 2,79 et F = 4,32 correspondent respectivement aux seuils de signification de 5 p. 100 et 1 p. 100. C'est-à-dire qu'une valeur de F supérieure à 4,32 n'apparaîtrait du seul fait du hasard qu'une fois sur 100 essais.

La valeur observée 33 est donc infiniment improbable du seul fait du hasard, ce qui permet de conclure que les traitements ont bien introduit une hétérogénéité dans la population des pourcentages. C'est d'ailleurs évident du seul examen du tableau.

Mais, proposons-nous maintenant de rechercher s'il y a une différence significative entre résultats des divers traitements (en ne tenant plus compte du témoin).

Le terme de corrélation devient :

$$\frac{(1.158)^2}{19} = \frac{1.340.964}{19} = 70.577.$$

La somme totale des carrés devient :

$$73.700 - 70.577 = 3.123.$$

La somme des carrés entre moyennes :

$$73.254 - 70.577 = 2.677.$$

La somme des carrés intraclasses :

$$3.123 - 2.677 = 446.$$

Analyse de la variance des pourcentages de fruits véreux sur Poiriers Williams ayant reçu cinq traitements différents :

SOURCE DE VARIATION.	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMMES DES CARRÉS.	CARRÉS MOYENS.
Total.	19	3.123	164
Entre moyennes de traitements.	4	2.677	669
Intra-classe	15	444	29

$$F = \frac{669}{29} = 23.$$

Or, il suffirait que F fût égal à 4,89 pour n'avoir qu'une chance sur 100 de se manifester du fait du seul hasard. Nous pouvons donc conclure que les différences entre traitements sont hautement significatives.

4. Analyse de la variance en plus de deux portions.

Il est souvent nécessaire de diviser la variance totale en plus de deux portions car il arrive souvent que les résultats expérimentaux ou d'observation peuvent se grouper en classes de différentes façons.

Chaque observation appartient à une classe A et à une différente classe B. Dans ce cas nous pouvons calculer séparément la variance entre les classes du type A et les classes du type B. Le reste de la variance totale peut représenter seulement la variance au sein de chaque sous-classe, ou bien il peut exister, en outre, une interaction de causes telle qu'un changement dans une classe du type A n'ait pas toujours les mêmes effets dans toutes les classes B.

Si les observations n'apparaissent pas isolément dans les sous-classes, la variance au sein des sous-classes peut être déterminée indépendamment afin de vérifier s'il y a ou non interaction. Parfois, si, par exemple, les observations correspondent à des fréquences, on peut calculer la variance à prévoir dans les sous-classes (cf. IIIe partie, chap. III).

Exemple : *Analyse de la variance dans des parcelles expérimentales.*

Un champ de pommes de terre, ayant reçu une application uniforme de fumier, a été divisé en 36 parcelles pour la mise en culture de 12 variétés ; chaque variété étant représentée sur 3 parcelles différentes disséminées dans le champ. Chaque

parcelle était divisée en trois rangées, dont la première recevait, en plus du fumier, une fumure de fond, sans potasse (B), tandis que les deux autres recevaient en plus soit du sulfate de potasse (S), soit du chlorure de potassium (C).

D'une telle expérience nous pouvons déduire bien des informations diverses : entre les 36 rendements totaux des 36 parcelles, existent 35 degrés de liberté dont 11 représentent les différences entre les 12 variétés, et 24 les différences entre les différentes parcelles portant la même variété (tableau 46).

TABLE 46.

VARIÉTÉ.	S	S	S	C	C	C	B	B	B
Ajax	3,20	4,00	3,86	2,55	3,04	4,13	2,82	1,75	4,71
Arran Comrade	2,25	2,56	2.58	1,96	2,15	2,10	2,42	2,17	2,17
Bristish Queen	3,21	2,82	3,82	2,71	2,68	4,17	2,75	2,75	3,32
Duke of York	1,11	1,25	2,25	1,57	2,00	1,75	1,61	2,00	2,46
Epicure	2,36	1,64	2,29	2,11	1,93	2,64	1,43	2,25	2.79
Great Scot	3,38	3,07	3,89	2,79	3,54	4,14	3.07	3,25	3,50
Iron Duke	3,43	3,00	3,96	3,33	3,08	3,32	3.50	2,32	3,29
K. of K.	3,71	4,07	4,21	3,39	4,63	4,21	2,89	4,20	4.32
Kerr's Pink	3.04	3,57	3,82	2.96	3,18	4,32	2,00	3,00	3,88
Nithsdale	2,57	2,21	3.58	2.04	2,93	3,71	1.96	2,86	3,56
Tinwald Perfection	3,46	3.11	2,50	2,83	2,96	3,21	2,55	3.39	3,36
Up-to-Date	4,29	2,93	4,25	3,39	3,68	4,07	4,21	3,64	4,11

TABLE 47.

VARIÉTÉ.	ENGRAIS.			TOTAL.	PARCELLE.		
	S.	C.	B.		I.	II.	III.
Ajax	11,06	9,72	9,28	30,06	8,57	8,79	12,70
Arran Comrade	7,39	6,21	6,76	20,36	6.63	6,88	6,85
Bristish Queen	9,85	9,56	8,82	28.23	8,67	8,25	11,31
Duke of York	4,61	5,32	6,07	16,00	4,29	5,25	6,46
Epicure	6,29	6,68	6,47	19,44	5,90	5,82	7.72
Great Scot	10.34	10.47	9,82	30,63	9,24	9,86	11.53
Iron Duke	10.39	9,73	9.11	29,23	10.26	8,40	10.57
K. of K.	11,99	12,23	11,41	35,63	9.99	12,90	12,74
Kerr's Pink	10,43	10,46	8,88	29,77	8,00	9.75	12,02
Nithsdale	8,36	8,68	8,38	25,42	6,57	8,00	10,85
Tinwald Perfection	9,07	9,00	9,30	27,37	8,84	9.46	9,07
Up-to-Date	11.47	11,14	11,96	34,57	11,89	10,25	12,43
TOTAL	111,25	109,20	106,26	326,71	......	......	......

Extrait de R. A. FISHER, *Statistical Methods* Oliver et Boyd.)

La comparaison de la variance de ces deux classes nous permet d'éprouver la signification des différences variétales de rendement quant au sol et au climat du lieu de l'expérience. 72 degrés additionnels de liberté nous sont donnés par les rendements des rangées séparées : soit, 2 résultant des différences d'engrais (le premier représentant les différences entre application de potasse et absence de potasse ; le deuxième entre sulfate et chlorure) et 70 correspondant aux différences observées quant aux réactions vis-à-vis des engrais des différentes parcelles; ces 70 degrés de liberté pouvant être divisés ainsi : 22, représentant la différence de réaction, vis-à-vis des engrais, des différentes variétés, et 48, représentant les réactions, vis-à-vis de l'engrais, des différentes parcelles portant la même variété.

Pour éprouver la signification des effets dus aux engrais, nous pouvons comparer, pour chacun, la variance quant à chacun des 2 degrés de liberté correspondant aux engrais, avec la variance correspondant aux 48 degrés de liberté restant. Pour éprouver la signification des différences de réaction des variétés aux engrais, nous devons comparer la variance correspondant à 22 degrés de liberté avec celle qui correspond à 48. Enfin, pour éprouver la signification des différences de rendement de la même variété sur différentes parcelles, nous comparons les 24 degrés de liberté, représentant les différences en rendement des différentes parcelles portant la même variété, avec les 48 degrés, représentant les différences de réaction, vis-à-vis de l'engrais, des différentes parcelles portant la même variété.

Pour chaque variété nous devons connaître :

1° Le rendement total de l'ensemble de chaque parcelle ;

2° Le rendement total pour les trois parcelles ;

3° Le rendement total pour chaque engrais.

Nous devons connaître également le rendement total de l'ensemble des 12 variétés pour chaque engrais (tableau 47).

La somme des carrés des déviations des 108 valeurs à partir de leur moyenne est 71699 ; cette somme divisée en 36 classes de 3, fournit la valeur pour « 36 parcelles », c'est-à-dire 61.078 ; la division, cette fois selon les variétés, en 12 classes de 3, fournit la valeur pour « 12 variétés », c'est-à-dire 43.638.

Ces faits sont résumés dans ce tableau (Extrait de R. A. Fisher, *Statistical Methods* Oliver et Boyd).

VARIANCE ENTRE	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMMES DES CARRÉS.	CARRÉS MOYENS.	LOG. (DEV. STAND.)
Variétés	11	43.6384	3.697	0,6890
Parcelles d'une même variété	24	17.4401	727	(-) 0,1594
Au sein des parcelles	72	10.6204		
Total	107	71.6989	Différence. .	0,8484

La valeur du critérium Z de Fisher, qui représente la différence des log de la dernière colonne, est 0.8484 et elle correspond à une différence significative puisque une valeur de 0.564 suffirait à définir le seuil de probabilité de 1 p. 100.

Dans la variation «au sein des parcelles» la partie imputable aux deux différences de fumure peut être déduite des totaux correspondant aux trois traitements de fumure. Le quotient par 36 de la somme des carrés des trois déviations est 0,3495 ; dans ce total, le carré de la différence correspondant aux totaux pour les deux traitements potassiques, divisé par 72, figure pour 0,0584 ; le reste, 0,2911 représente le quotient par 54 du carré de la différence entre la moyenne et le total correspondant à la fumure de base.

Les 36 valeurs correspondant aux 35 totaux «pour chaque type d'application d'engrais» et pour «chaque variété» mettent en œuvre 36 degrés de liberté, dont 11 représentent la différence de variété, 2 les différences d'engrais ; les 22 restant correspondent aux différences de réponse des différentes variétés aux diverses formules d'engrais. L'analyse de ce groupe figure ci-dessous.

VARIANCE DUE À	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMMES DES CARRÉS.	CARRÉS MOYENS.
Application de potasse.........	1	0,2911	0,2911
Sulfate au lieu de chlorure.....	1	0,0584	0,0584
Différence de réaction variétale..	22	2,1911	0,0996
Différence des parcelles d'une même variété............	48	8,0798	0,1683
Total................	72	10,6204	

Pour éprouver la signification de la variation observée dans les rendements des parcelles de même variété (et constituant par conséquent des répétitions) comparons la valeur 0,727 obtenue plus haut pour 24 degrés de liberté avec 0,1683 que nous obtenons ici avec 48 degrés de liberté.

La demi-différence de log (le critérium Z de Fisher) est 0,7316 alors qu'il suffirait d'une valeur de 0,358 pour correspondre au seuil de probabilité de 1 p. 100. L'inégale fertilité de parcelles est donc indiscutable.

Par contre il n'y a pas de différence significative de réponse d'une variété à l'autre.

En résumé, l'effet d'application de potasse est peu marqué ; il est cependant plus grand que les différences variétales que nous pouvons ici considérer comme des fluctuations au hasard.

Il semble que la fumure de base ait suffit à satisfaire aux besoins des plantes en potasse et que la substitution d'ions chlorure aux ions sulfate n'ait guère eu d'effets.

§ 2. Effets du sulfatage des parties aériennes des pommes de terre sur le pourcentage des tubercules affectés de gale commune (*Actinomyces Scabies*).

Dans un champ de l'État de New-York (Pittsford) où il étudiait expérimentalement l'effet des sulfatages de bouillie bordelaise sur le développement foliaire et

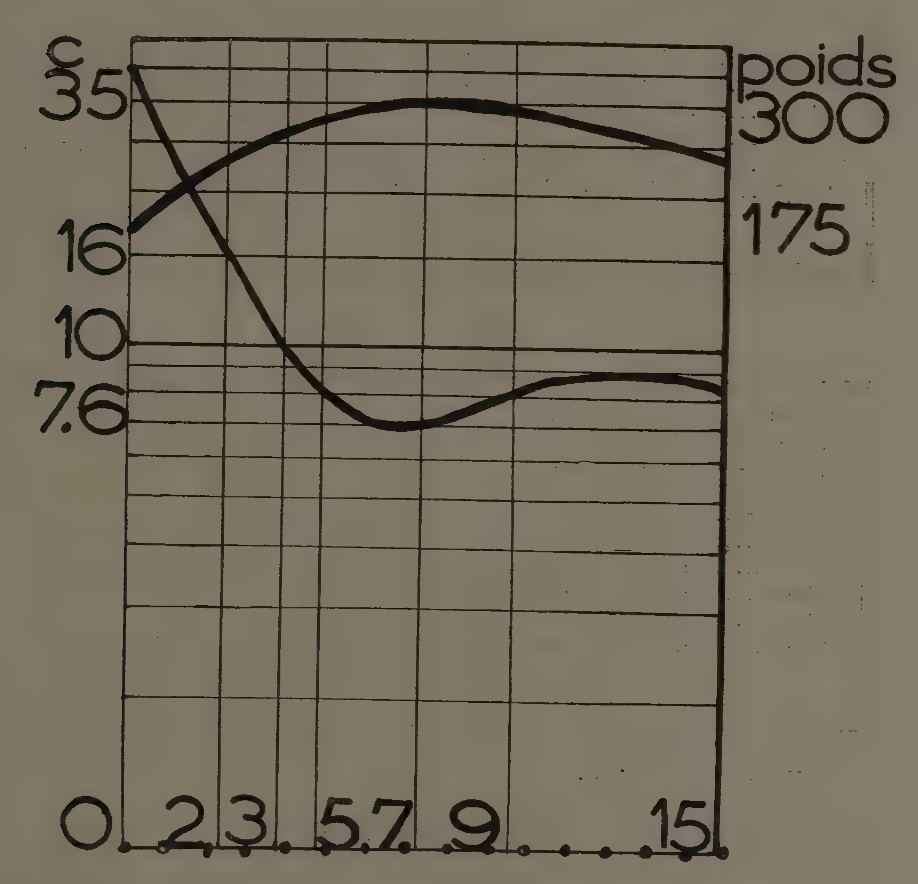


Fig 10. — Corrélation entre le nombre de kilogrammes de sulfate de cuivre appliqué à l'hectare sur les pommes de terre (en abcisses sur une échelle arithmétique) et : 1° le pourcentage (c) de tubercules galeux, ou 2° le poids de la récolte, en ordonnées sur l'échelle semi-logarithmique. (D'après les documents numériques de Blodgett.)

la tubérisation des pommes de terre, Blodgett observa que les pommes de terre sulfatées produisaient plus de tubercules sains et moins de tubercules galeux que les pommes de terre non sulfatées. Les pourcentages de tubercules galeux sont indiqués dans le tableau 1 pour les témoins (o) et pour les pommes de terre ayant reçu en kilogrammes de sulfate de cuivre appliqués par hectare pendant la saison,

les doses indiquées dans le tableau I (documents communiqués par le Dr. Blodgett).

Tableau I.

Date de comptage.	0.	4.	7,3.	8.	13,4.	17,4.	26,20.	Total.
Septembre 29..	72,4	31,9	18,1	9,8	12,1	9,9	13,8	168,0
Octobre 16	59,5	23,2	16,0	7,2	7,0	9,7	6,5	129,1
Octobre 30	38,1	15,2	10,0	9,5	5,6	6,5	7,9	92,8
Octobre 30	34,2 } 35,3	15,4 } 16,6	9,3 } 10,4	8,0 } 8,2	8,7 } 7,6	9,3 } 8,5	7,7 } 8,4	92,6 } 94,9
Octobre 30	32,7	17,5	11,2	8,0	7,1	9,2	8,4	94,1
Octobre 30	36,0	18,4	11,2	7,3	8,8	8,9	9,5	100,0
	272,9	121,6	75,8	49,8	49,3	53,5	53,8	676,7

Tableau 1 *bis*.

Date de comptage.	0.	4.	7,3.	8.	13,4.	17,4.	26,20.	Total.
Septembre 29..	5.241,76	1.017,61	327,61	96,04	146,41	98,01	190,44	
Octobre 16....	3.540,25	538,24	256,00	51,84	49,00	94,09	42,25	
Octobre 30....	1.451,61	231,04	100,00	90,25	31,36	42,25	62,41	
Octobre 30....	1.169,64	237,16	86,49	64,00	75,69	86,49	59,29	
Octobre 30....	1.069,29	306,25	125,44	64,00	50,41	84,64	70,56	
Octobre 30....	1.296,00	338,56	125,44	53,29	77,44	79,21	90,25	
	1.378,35	2.668,86	1.020,98	419,42	430,31	484,69	515,20	19.308,01

Terme de correction :

$$\frac{(676,7)^2}{42} = 10.902,92$$

Somme totale des carrés (tableau 1 *bis*) :

$$19.308,01 - 10.902,92 = 8.405,09.$$

Somme des carrés entre les 6 moyennes déduites chacune de 7 valeurs des comptages :

$$\frac{\overline{168,0}^2 + \overline{129,1}^2 + \overline{92,8}^2 + \overline{92,6}^2 + \overline{94,1}^2 + \overline{100,1}^2}{7} - 10.902,92$$

$$= 11.564,5 - 10.902,92 = 661,58 \text{ soit } 662.$$

Somme des carrés entre les 7 moyennes (déduites chacune de 6 valeurs) des traitements :

$$\frac{\overline{272,9}^2 + \overline{121,6}^2 + \overline{75,8}^2 + \overline{49,8}^2 + \overline{49,3}^2 + \overline{53,5}^2 + \overline{53,8}^2}{6} - 10.902,92$$

$$= 17.618 - 10.903 = 6.715$$

La somme des carrés correspondant aux erreurs est la différence (somme totale des carrés) — (somme entre comptages + somme entre traitements) :

$$8.405 - (662 + 6.715) = 1.028.$$

Au lieu de considérer individuellement, pour chaque traitement, chacun des 4 chiffres correspondant aux 4 comptages effectués le 30 octobre, nous pouvons, dans chaque colonne, remplacer ces 4 chiffres par leur moyenne.

DATES.	0.	4.	7,3.	8.	13,4.	17,4.	26,20.	TOTAL.
Septembre 29..	72,4	31,9	18,1	9,8	12,1	9,9	13,8	168,0
Octobre 16 ...	59,5	23,2	16,0	7,2	7,0	9,7	6,5	129,1
Octobre 30	35,3	16,6	10,4	8,2	7,6	8,5	8,4	95,0
	167,2	71,7	44,5	25,2	26,7	28,1	28,7	392,1

La somme des carrés entre les 3 moyennes (correspondant chacune à 7 valeurs) est :

$$\frac{\overline{168,0}^2 + \overline{129,1}^2 + \overline{95,0}^2}{7} - \frac{\overline{392,1}^2}{21} = 7.702,4 - 7.232 = 378$$

Les résultats peuvent être résumés dans le tableau :

	DEGRÉS DE LIBERTÉ.	SOMME DES CARRÉS.	VARIANCE.	F.
Total	41	8.405	"	
Total entre comptages	5	662	132	
Total entre traitements	6	6.715	1.118	$\frac{1.119}{34} = 32,8$
Total erreurs	30	1.028	34	
Total entre dates	2	378	189	$\frac{189}{34} = 6,5$

La variance est le quotient de la somme des carrés par le nombre des degrés de liberté correspondant : en d'autres termes c'est le carré moyen.

F (DE SNEDECOR) est le quotient du *plus grand carré moyen* par le plus petit carré moyen des 2 carrés moyens ou variances à comparer.

Ici, ce qui nous importe c'est :

De comparer à la variance correspondant aux «erreurs» celle «entre traitements». Le quotient, 1119/34 = 32,8 ; pour les 30 degrés de liberté des erreurs et les 6 degrés de liberté entre traitements, la Table de Snedecor indique qu'il suffirait que le rapport fût de 3,47 pour que la variance due aux traitements soit hautement significative, c'est-à-dire pour qu'il y ait moins d'une chance sur 100 pour que le hasard seul soit la cause des différences de pourcentage observées entre parcelles ayant reçu des traitements cupriques différents.

Le rapport calculé 32,8 dépassant de beaucoup cette valeur hautement significative de 3,47 nous pouvons conclure avec certitude que les différences de traitement cuprique, ont, *dans l'essai considéré,* provoqué des différences de pourcentage de gale commune.

BIBLIOGRAPHIE.

BLODGETT (F. M.). MADER (E. O.). BURKE (O. D.) et MC CORMACK (R. B.). — Three years results using Bordeaux mixture. (*Amer. Potato Journ.*, 12. 171-177. 1935.)

—— Potato spraying and potato scab. (*Ibid.*, 137-142, 1935.)

FISHER (R. A). — The mathematical distributions used in the common tests of significance. *Journ. Econometric Soc.* 3 : 363-365, 1935.

JOESSEL et SUAU. — Traitements du Carpocapse. *Bull. Office Reg. agric. midi*, n° 55, 1935.

SNEDECOR and COX (G. M.). — Disproportionate Subclas Numbers in tables of multiple classification. *Agric. Expt. Stat. Res. Bull.*, 180, Ames 1935.

SENEDECOR. — Calculation and interpretation of Analysis of Variance and covariance. (*Collegiate Press,* Ames, Iowa, 1934.)

CONCLUSIONS.

«Les constructions théoriques de la Science n'ont de valeur que si elles s'appuient sur des faits». La plus grande partie de cet exposé a été consacrée à illustrer, par des exemples empruntés à la Phytopathologie, comment les méthodes statistiques peuvent nous guider dans la recherche des «causes», souvent multiples et complexes, des phénomènes pathologiques; comment l'analyse de la complexité des «causes», nous permet, en substituant, à une notion philosophique de causalité, une notion statistique de corrélation, d'étudier le phénomène pathologique lui-même, l'étiologie même de la maladie et non plus seulement tel ou tel agent pathogène; enfin, et surtout, comment l'étude des faits pathologiques, envisagés comme déviations systématiques de la normale, nous permet de nous mieux représenter l'ordre idéal que nous nous représentons comme normal.

Il faut voir, dans les méthodes statistiques, un guide permettant de perfectionner les techniques ou, du moins, de déterminer le degré de confiance que nous pouvons avoir dans les techniques mises en œuvre.

Les méthodes statistiques doivent, plus particulièrement, permettre de discriminer dans les «variations», «écarts», ou «erreurs», la part de responsabilité :

1° De la variation linéaire d'une variable, en fonction d'une autre variable dont les variations sont considérées comme ayant, avec les variations de la première, une relation de causalité ou de corrélation;

2° Des écarts des valeurs observées de la variable dépendante autour des valeurs calculées en fonction des valeurs de la variable déterminante, écarts dont la distribution autour des positions moyennes (dont la fonction linéaire définit le lieu) obéit soit à la loi binomiale, soit à la loi des séries de Poisson, soit à une des lois de K. Pearson. Ce sont ces variations qui, dans l'analyse de la variance, sont imputées aux «erreurs d'échantillonnage», c'est-à-dire au fait que nous devons induire les caractéristiques d'une population infinie, de l'étude de quelques individus pris au hasard dans cette population, dont elle représente pour nous un «échantillon»;

3° Des erreurs d'observation ou erreurs de mesure; pendant longtemps, les astronomes, les physiciens, les physiologistes même se considéraient comme supérieurs aux biologistes et aux agronomes par ce fait même qu'ils considéraient leurs erreurs de mesure et les écarts comme négligeables en regard de la variation linéaire représentant fonctionnellement les relations causales.

Les progrès des techniques, permettant de substituer des mesures de plus en plus précises à des estimations, et l'analyse statistique permettant de substituer, à la simple observation d'une séquence de phénomènes, des relations de corrélation, exprimées numériquement par des coefficients de corrélation ou des coefficients de linéarité, tendent à atténuer cette différence entre sciences physiques et sciences agronomiques.

Même pour une distribution symétrique — et pour savoir qu'elle est symétrique, nous devons calculer des moments d'ordre supérieur au premier — ce moment de premier ordre est une abstraction tout à fait insuffisante à représenter la distribution. Une moyenne seule est un chiffre isolé sans aucune signification. Encadrons ce chiffre isolé dans les limites supérieure et inférieure des déviations de probabilité définie statistiquement, et nous obtenons un fait scientifique, situé à sa place dans la somme des connaissances humaines.

Une saine appréciation des approximations est donc la base de toute application des Mathématiques. Aucun résultat mathématique n'est vrai, appliqué au monde réel, puisqu'il représente d'autres objets que ceux du monde réel, mais le résultat mathématique : 1° détermine l'approximation avec laquelle les faits observés peuvent être représentés, par une hypothèse imaginée pour les représenter; 2° guide les expériences à instituer pour conclure que l'hypothèse est ou non admissible «dans les applications, une erreur n'est dangereuse que lorsqu'on l'ignore; reconnue et définie dans ses limites, elle devient un bienfait. «Il est permis, ce qui serait une monstruosité en mathématiques pures, de considérer

ici un résultat approché comme très supérieur à un résultat rigoureusement exact, si le premier est par sa nature mieux adapté à l'objet qu'on a en vue » (LAISANT).

D'ailleurs, toutes nos représentations familières des choses, nos notions du plan, de la ligne droite, du point, acquises par la seule contemplation des choses, ne représentent que des abstractions indispensables à la constitution de la Science; elles sont assez rapprochées de la réalité pour que l'erreur que nous commettons volontairement en les substituant aux choses réelles ne puisse présenter d'inconvénient pratique.

De même qu'il nous est commode de nous représenter la distribution, dans l'espace, des molécules qui constituent les choses matérielles, selon des plans, des lignes ou des points, il nous est commode de nous représenter la distribution des intensités d'expression d'un caractère étudié, chez divers individus d'une population, non seulement sous forme algébrique comme des déviations positives ou négatives au-dessus ou au-dessous d'une moyenne, ou sous forme mécanique comme des positions d'oscillation autour d'une position d'équilibre, mais encore sous les formes géométriques d'histogramme, de polygone de fréquence ou mieux d'aire d'intégration délimitée par une courbe de fréquence, et enfin, dans l'espace à n dimensions, sous forme de ces abstractions plus élevées, les hyperellipsoïdes qui représentent la distribution de χ^2. Ces abstractions peuvent donner, mieux que les abstractions familières, une représentation rationnelle de l'Univers où, en dernière analyse, les probabilités estimées par des fréquences sont les seules réalités qui ne se dérobent pas à l'investigation scientifique.

INDEX.

Les tables de χ^2 (p. 167); de $\frac{x}{\sigma}$ (p. 185), de Z de STUDENT-LOVE, (p. 197) ont été reproduites avec la permission de leurs auteurs.

L'ensemble des Tables de distribution normale, «de χ^2», de «t», des coefficients de corrélation, de $\alpha = \log \frac{S_1}{S_2}$ se trouve dans FISHER, (*Statistical methods*, Oliver and Boys, London, 1934).

Les tables de $\frac{\text{déviation}}{\text{erreur probable}}$, de $\frac{\text{déviation}}{\sigma}$, de $\frac{x}{\sigma}$, de x, S log (x) S (log x)^2 se

trouvent dans Pearl (*R. Medical Biometry and Statistics,* Saunders, Philadelphia 1930).

La table de F $\frac{\text{plus grand carré moyen}}{\text{plus petit carré moyen}}$ se trouve dans Snedecor, (*Analysis of Variance, Collegiate Press,* Ames, Iowa U. S. A. 1934).

Enfin, Darmois, *Statistique* (Doin, Paris) a republié, entre autres tables, un extrait des Tables des Soper pour l'ajustement des séries de Poisson.

DE L'AMÉLIORATION ET DE LA DÉFENSE
DE LA PRODUCTION FRUITIÈRE

par L. Moreau et E. Vinet,

Station Œnologique Régionale d'Angers.

PREMIÈRE PARTIE.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS ET DES EXPÉRIENCES FAITES EN 1934.

Le but poursuivi par notre service de recherches, depuis sa fondation, a été, tout d'abord, la défense de nos vergers contre leurs principaux ennemis : Cochenilles (*Epidiaspis Pyricola*); Carpocapse (*Carpocapsa Pomonella*) et Tavelure (*Venturia Pirina*).

Mais avant d'instituer une méthode de lutte applicable à notre région, nous avons mis à profit, pour notre première année d'expériences, les données générales fournies jusqu'ici par les expérimentateurs, touchant la nature des produits à utiliser et l'époque de leur emploi.

Des résultats obtenus, en 1934, nous avons tiré les enseignements suivants :

1° Contre les Cochenilles : Un seul traitement fait en février, quel que soit le produit employé (huile d'anthracène émulsionnée, huile végétale, huile blanche) n'a pas assuré sur de vieux arbres, plus ou moins crevassés, une destruction suffisante de Cochenilles, en particulier pour les colonies dont les individus étaient entassés sur de vieilles branches, dans les crevasses de celles-ci et plus ou moins protégées par des algues et des lichens;

2° Contre le Carpocapse : Si l'on suit la marche de l'évolution du Carpocapse dans un verger, on constate que les deux premiers traitements préconisés jusqu'ici (le premier, avant l'ouverture des boutons floraux, lorsque ceux-ci sont bien séparés; le second, à la chute des pétales) arrivent trois semaines environ avant l'apparition des premiers papillons et intéressent des organes qui vont, pour la plupart, disparaître. Le troisième, à effectuer trois semaines environ après le second, intéresse des fruits qui ne pèsent, à ce moment-là, que 0 gr. 5 à 1 gramme

l'un, soit le 1/200e environ du poids qu'ils auront à la récolte. Dans ces conditions, le Ver des Fruits a le champ libre, pour pénétrer, sans danger, à l'intérieur du fruit.

Ces traitements de début de printemps bien qu'effectués avec des produits reconnus efficaces, comme l'arséniate de plomb, se sont montrés insuffisants puisque nous n'avons obtenu, avec trois applications, qu'un coefficient d'efficacité ne dépassant pas 36 p. 100.

Un traitement supplémentaire, fait le 12 juillet, a porté ce coefficient d'efficacité à 54 p. 100; ce qui n'est pas encore suffisant.

On a justifié ces traitements hâtifs contre le Carpocapse par la facilité qu'on pouvait avoir, à ce moment là, d'atteindre *l'œil* par lequel le ver s'introduirait dans le fruit. Diverses observations, faites sur les poires, nous ont permis de constater que ces dernières étaient aussi bien attaquées en divers points de leur surface — au pédoncule, par exemple — qu'à l'œil.

Pour toutes ces raisons, ces traitements de printemps n'arrivent pas au meilleur moment et sont insuffisants. Nous devrons nous appliquer désormais, en tenant compte et de l'évolution de l'insecte et du développement du fruit, à faire nos applications de produits insecticides en temps opportun. C'est vers la fixation d'une méthode, basée sur des données locales et non sur des données générales que nous devons nous orienter, en vue d'instituer, comme nous l'avons fait pour la vigne, une méthode de défense efficace, pratique et peu coûteuse.

3° Contre la Tavelure : Cette maladie ne s'étant guère manifestée en 1934, son étude a été remise à plus tard. L'année 1935, comme nous allons le voir plus loin, va nous permettre d'apporter notre contribution à la lutte contre la Tavelure,

* * *

Les observations faites sur la végétation des poiriers dans plusieurs vergers et une enquête, menée dans la région, nous ont amenés à établir, par époque de floraison, un premier classement des principales variétés de poiriers et de pommiers qui pourraient être associées, en vue de favoriser la fécondation croisée. Cette enquête doit être complétée par une étude, aujourd'hui commencée, des facultés germinatives du pollen des diverses variétés classées et étendue aux pêchers, pruniers, etc.

Dans les tableaux suivants, nous allons rendre compte de ces classements.

TABLEAU I.

Epoques de floraison de quelques variétés de poiriers en 1934.

1re Partie.

(Renseignements fournis par plusieurs personnes.)

	DÉBUT.	PLEIN.	FIN.	DURÉE.
a. Passe Crassane	3 avril.	11 avril.	19 avril.	16 jours.
Doyenné d'hiver	4 —	12 —	20 —	16 —
Beurré Giffard	5 —	11 —	19 —	14 —
b. Beurré Clairgeau	6 —	12 —	19 —	13 —
Duchesse	7 —	12 —	20 —	13 —
Duc de Bordeaux	7 —	12 —	21 —	14 —
Président Drouhard	7 —	13 —	21 —	14 —
Clapp's favourite	7 —	13 —	21 —	14 —
Bonne Louise	8 —	12 —	19 —	11 —
Charles Ernest	9 —	12 —	20 —	11 —
c. William	10 —	16 —	23 —	13 —
Doyenné du Comice	11 —	16 —	23 —	12 —

2e Partie.

(Renseignements provenant d'une seule source.)

	DÉBUT.	PLEIN.	FIN.	DURÉE.
a. Doyenné d'Alençon	1er avril	8 avril.	20 avril.	19 jours.
b. Beurré de Mello	9 —	12 —	21 —	12 —
Beurré Hardy	10 —	13 —	20 —	10 —
André Desportes	6 —	14 —	22 —	16 —
Marguerite Morillot	6 —	14 —	22 —	16 —
Beurré Royal	7 —	14 —	19 —	12 —
Président Roosevelt	9 —	14 —	23 —	14 —
Beurré d'Amanlis	6 —	15 —	20 —	14 —
c. Beurré de Tongres	10 —	16 —	23 —	13 —
Bergamotte	11 —	16 —	21 —	10 —
Beurré d'Aremberg	10 —	17 —	23 —	13 —

TABLEAU II.

Epoques de floraison de quelques variétés de pommiers en 1934.

1re Partie.

(Renseignements fournis par plusieurs personnes [région d'Anjou].)

	DÉBUT.	PLEIN.	FIN.	DURÉE.
a. Reinette de Caux	12 avril.	19 avril.	2 mai.	20 jours.
b. Bonne Hotture	19 —	26 —	5 —	16 —
Clochard	19 —	27 —	4 —	15 —
Groseille	20 —	28 —	6 —	16 —
Reinette du Canada	20 —	28 —	5 —	15 —
Calville rouge	20 —	28 —	8 —	18 —
Fromi	21 —	29 —	5 —	14 —
Reine des Reinettes	//	29 —	//	//
Reinette d'Angleterre	22 —	29 —	5 —	13 —
Calville blanc	24 —	30 —	4 —	10 —
c. Reinette Pépin de Bourgueil	25 —	3 mai.	10 —	15 —
Grand Mère,	26 —	5 —	7 —	11 —
Reinette du Mans	29 —	5 —	12 —	13 —

2e Partie.

(Renseignements provenant d'une seule source.)

	DÉBUT.	PLEIN.	FIN.	DURÉE.
Patte de Loup	14 avril.	24 avril	6 mai	22 jours.
Ontario	16 —	24 —	3 —	17 —
Blanc de Paris	//	26 —	//	//
Fréquin rouge (cidre)	18 —	29 —	6 —	18 —
Gros vert	20 —	30 —	12 —	22 —
Locard	//	2 mai	//	//
Damelat (cidre)	25 —	5 —	10 —	15 —
Robillard	//	8 —	//	//

D'après la première partie du premier tableau on peut fixer la durée moyenne de la floraison du poirier à treize jours environ; l'écart entre le début et le plein à cinq jours et entre le plein et la fin à huit jours environ. Le plein de la floraison

a duré, en moyenne, trois jours. Les variétés précoces ont généralement une durée de floraison plus longue que les variétés tardives.

Enfin, nos observations faites sur la végétation des poiriers nous ont permis de constater et même de chiffrer la perte énorme de boutons floraux et de jeunes fruits que subissent les poiriers, certaines années, de la floraison à la cueillette des fruits.

Les causes de ces pertes doivent être étudiées en vue de les atténuer dans une mesure compatible avec la production de beaux fruits marchands et en rapport avec la vigueur des arbres.

DEUXIÈME PARTIE.

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES FAITES EN 1935.

Elles ont porté :

a. Sur la date de floraison des arbres fruitiers; sur la détermination de l'époque et les causes de la chute des poires, en cours de saison;

b. Sur la détermination du nombre et des époques de traitements contre les Cochenilles;

c. Sur les traitements combinés contre le Carpocapse et la Tavelure;

d. Sur la recherche de l'arsenic resté sur les poires après les traitements, les traitements tardifs en particulier.

A. Dates de floraison des arbres fruitiers.

Les renseignements qui nous ont été fournis, cette année, étant trop peu nombreux et les différences trop accusées dans les dates pour les mêmes variétés, nous n'avons pas classé les poiriers et les pommiers d'après leur époque de floraison, comme nous l'avions fait en 1934. Par contre, nous avons commencé au *Verger des Hospices,* à relever ces dates de floraison pour les 150 variétés que nous y possédons. Nous arriverons ainsi à établir, pour un verger donné, dans des conditions bien définies (exposition, taille, conduite, porte-greffe, etc.) les dates de floraison de nos différentes espèces et variétés. Nous constituerons ainsi une sorte de tableau-type, auquel on pourra se reporter lors de la création d'un verger.

Une étude sur la germination des différents pollens, aujourd'hui commencée, complètera notre documentation sur ce point.

A. Chute des fruits. — Époques et causes.

Pour savoir comment se répartissait, dans le temps, la chute des poires, nous avons disposé sous deux arbres d'une parcelle traitée à la bouillie cupro-arsenicale

et sous deux autres arbres d'une parcelle témoin, contiguë à la première, des toiles entourant les arbres et fixées sur des cadres. A diverses époques, nous avons ramassé, compté et examiné les boutons floraux et les fruits tombés.

Il y a lieu de distinguer dans cette chute 2 périodes, très inégales quant à leur importance.

La première va de la chute des pétales (17 avril) au 26 juin; à cette dernière date, les poires les plus grosses pesaient environ 7 grammes l'une.

La deuxième va du 27 juin à la cueillette (27 août).

Pour cette seconde période, dans laquelle la chute des poires ne représente que 0,74 p. 100 de la perte totale, les observations ont porté sur toutes les parcelles du Verger d'expériences. On en a déduit ce qui revenait aux quatre arbres soumis au contrôle pendant la première période. Le tableau suivant rend compte de ces observations.

TABLEAU III.

Chute des poires.

	POIRES (FLEURS ET FRUITS) TOMBÉS POUR		
	2 arbres. traités.	2 arbres témoins.	Totaux.
Au départ, poires dans les arbres, d'après le nombre d'inflorescences et le nombre moyen de boutons par inflorescence.....	1609	2126	3735
Première période.			
Fleurs et fruits disparus du 17 avril au 26 juin..	1555	2067	3622
Soit pour 100....	*96.6*	*97.2*	*96.9*
Fruits restant au 26 juin..........	54	59	113
Deuxième période.			
Fruits tombés du 26 juin au 27 août.....................	4	24	28
Soit p. 100 des fruits restant au 26 juin.	*7.4*	*40.6*	*//*
Soit p. 100 des boutons floraux, au départ....	*//*	*//*	*0.74*
Récolte.			
Fruits récoltés au 27 août............................	50	35	85
Soit p. 100 des boutons floraux, au départ....	*//*	*//*	*2.54*

Pendant la *première période,* la chute des boutons floraux présente un maximum important du 24 avril au 13 mai : 2.036 boutons sont tombés, soit 56 p. 100 de ce qui devait disparaître. Les fruits examinés au moment de la plus grande chute (7 mai), après 4 jours pluvieux, montrent que pour les 3/4 ou les 4/5, il n'y avait pas eu fécondation, pas même germination du tube pollinique. Quelques-uns,

représentant environ le 1/4 ou le 1/5ᵉ des fruits récoltés, présentaient un début de gonflement de l'ovaire. Un second maximum de chute, du 3 au 13 juin, après 5 jours pluvieux, et représentant environ 8,5 p. 100 de ce qui devait disparaître, est dû, vraisemblablement, en dehors des causes attribuables au grand vent du début de juin, au manque de nutrition de la fleur ou du fruit. Les autres pertes, moins importantes — sauf celle du tout premier début (fleurs emportées par le vent) qui nous a échappé — se rattachent à l'une ou à l'autre des causes que nous venons d'indiquer.

On a pensé, un moment, que les traitements abondants et répétés sur les fleurs pouvaient contribuer à accroître l'importance du déchet. Il ne semble pas qu'il en soit ainsi, car les pertes sont aussi grandes (voir le tableau précédent) dans les parties témoins que dans les parties traitées.

Pendant la *seconde période*, 26 juin au 27 août, la chute des poires qui est surtout sensible à partir du mois d'août, présente un maximum vers la fin de cette période — 17 au 23 août. Elle est surtout notable (voir le tableau précédent) dans les témoins : 40 p. 100 des fruits qui restaient au 26 juin, sont tombés contre 7,4 p. 100 dans les parties traitées. Cette différence est due à la chute des fruits véreux qui tombent plus aisément que les autres, et qui sont plus abondants dans les témoins que dans les parcelles bien traitées. Du 26 juin au 27 août, dans ces témoins, 81 p. 100 des fruits véreux sont tombés, 16 p. 100 des fruits sains et 12 p. 100 des fruits tavelés.

Si l'on peut s'expliquer la chute des fruits véreux — poires attaquées au pédoncule — celle des fruits sains, en dehors des causes accidentelles : vent, sécheresse, etc., est à déterminer.

Il en résulte finalement que, dans chaque arbre de la parcelle la mieux défendue, il restait en moyenne 25 poires au 26 juin; que l'on en a récolté, au 27 août en moyenne, 23 dont 22 saines et que, dans le témoin, la moyenne, par arbre, était de 30 poires au 26 juin et de 18 qui ont été récoltées au 27 août dont 11 saines seulement.

La chute des poires, dans la 1ʳᵉ période, nous apparaît d'ores et déjà comme la cause de beaucoup la plus grave de la perte de récolte.

B. Traitements contre les Cochenilles.

Devant les résultats insuffisants, constatés en 1934, nous avons cherché à fixer le nombre et l'époque des traitements susceptibles d'amener une destruction importante des Cochenilles.

Nous n'avons eu recours, cette année, qu'à un seul produit — l'huile d'anthracène émulsionnée à 10 p. 100 — répandue à raison de 4 à 5 litres par arbre (quenouilles de 3 à 3 m. 50 de hauteur, âgées de 25 ans environ). La vérification de l'efficacité a été faite 2 mois environ après chaque traitement. Les prises d'échantillons, fort nombreuses, ont été opérées sur les branches charpentières et sur les coursonnes des arbres traités et des témoins et l'examen a été fait à

la loupe binoculaire. La dernière application — celle du 12 mars — un peu tardive : boutons floraux déjà gros, écailles entr'ouvertes — n'a occasionné aucune brûlure.

Le tableau suivant rend compte des résultats de ces divers essais et les résume.

TABLEAU IV.

Traitements contre les Cochenilles.

DATES ET NOMBRE DES TRAITEMENTS.	COEFFICIENT D'EFFICACITÉ.
1 traitement (12 au 20 décembre)	58 à 74 p. 100.
1 traitement (18 janvier)	72 à 84 —
1 traitement (12 mars)	85 à 98 —
2 traitements (décembre et janvier)	81 à 98 —
3 traitements (décembre, janvier, mars)	100

Si trois traitements donnent le meilleur résultat, on remarquera qu'à lui seul, le traitement tardif du 12 mars a été suffisant — vu, sans doute, l'état des cochenilles à ce moment là — pour amener une destruction aussi importante que celle qui a été obtenue avec 2 traitements en décembre et janvier.

Un nouvel examen des poiriers fait dans le courant du mois d'octobre, nous a montré :

1° Une contamination récente et importante sur les coursonnes et le bois de l'année pour les témoins et encore sensible sur les arbres traités une fois en décembre; un peu moins sur les arbres traités en janvier;

2° Pas de contamination sensible sur les arbres traités une fois en mars et sur ceux qui avaient été traités deux fois en décembre et en janvier;

3° Aucune contamination nouvelle sur les arbres traités 3 fois.

Ils sont, à la fin d'octobre, indemnes de Cochenilles, autant que des examens attentifs et répétés permettent d'en juger.

C. Traitements combinés contre le Carpocapse et la Tavelure.

1° *Disposition du verger d'expériences.*

Il est constitué par 3 rangées d'arbres (V, VI, VII), espacées de 2 m. 70 environ (culture florale intercalaire) comprenant chacune 42 poiriers de William, âgés de 10 à 12 ans (quenouilles de 2 m. 50 de hauteur environ) plantés à 1 m. 45 les uns des autres, dans le rang.

Chaque rangée comprend 3 parcelles de 11 arbres chacune soumises à divers traitements et 2 témoins de 5 et de 4 arbres : le témoin I situé entre la 1re et

la 2e parcelle de chaque rang; le témoin II à la suite de la parcelle 3 de chaque rang. En somme : 9 parcelles soumises à divers traitements et 6 parcelles témoins.

2° *Etat du verger au point de vue des maladies et de leur répartition.*

L'année 1935 a été favorable à l'évolution des deux maladies. En effet, en fin de saison, dans les 6 parcelles (2 par rangées) non traitées (27 arbres), on comptait sur 802 fruits examinés du 26 juin au 27 août :

305 poires saines, soit 38 p. 100;
211 poires véreuses, soit 26,3 p. 100;
286 poires tavelées, soit 35,6 p. 100.

La répartition des maladies suivant les témoins pour un même rang ou suivant les rangs pour un même témoin est également intéressante à signaler :

POUR LE CARPOCAPSE.		POIRES VÉREUSES.
Rang V	Témoin I	32.4 p. 100.
	Témoin II	32.5 —
Rang VI	Témoin I	25.8 —
	Témoin II	25.4 —
Rang VII	Témoin I	18.9 —
	Témoin II	14.1 —

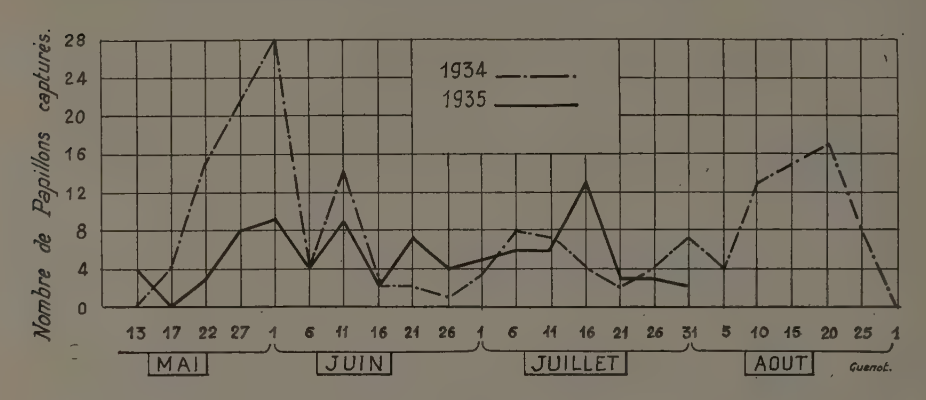
POUR LA TAVELURE.		POIRES TAVELÉES.
Témoin I	Rang V	39.3 p. 100.
	Rang VI	44.1 —
	Rang VII	38.9 —
Témoin II	Rang V	29.8 —
	Rang VI	30.4 —
	Rang VII	39,5 —

3° *Evolution du carpocapse.*

Pour suivre cette évolution, nous avons disposé, dans les poiriers, des pièges appâts (lies de cidre étendues d'eau vinaigrée à 5 ou 10 p. 100) : 4 aux mêmes emplacements qu'en 1934, pour nous permettre d'établir une courbe comparable à celle de l'année précédente et 13 dans la partie soumise à l'expérience : 1 piège tous les 2 arbres, dans le rang VI. Disons de suite que les captures dans cette partie ne représentent que 37 p. 100 environ du total des prises.

Dans le graphique ci-joint, nous représentons, pour les 2 années, 1934 et 1935, la marche des captures pour les 4 pièges mis aux mêmes emplacements.

Les pièges ayant mal fonctionné, pour plusieurs raisons, à partir du mois d'août 1935, nous avons arrêté cette courbe au 31 juillet.



Nous avons au total, pour ces 4 pièges, en arrêtant les prises au 31 juillet, capturé 128 papillons en 1934 et 88 en 1935. Dans les 2 cas, à part des interruptions n'excédant pas 5 jours (sauf du 13 au 22 mai 1935), les captures sont continues, mais alors qu'elles présentaient, en 1934, une notable diminution du 16 juin au 1er juillet et au 21 de ce mois, elles se présentent au contraire, cette année, supérieures, dans l'ensemble, pendant cette période; le maximum est même obtenu le 16 juillet.

Dans quelle mesure ces prises peuvent-elles nous rendre compte de l'importance des invasions? Etant donnée l'influence des facteurs atmosphériques sur ces captures, comme nous l'avons montré autrefois pour la Cochylis (3), il est difficile de tirer un renseignement un peu précis de l'examen de ces courbes. Quoi qu'il en soit, en nous indiquant la marche de l'invasion (apparition, plein vol, fin), les captures de papillons nous fournissent déjà des indications précieuses pour fixer l'époque des traitements. Nous les complèterons, en 1936, en suivant, en même temps, le développement du fruit.

4° *Composition des bouillies employées en 1935.*

Nous avons eu recours aux produits suivants :

a. *Bouillie cuprique :* sulfate de cuivre 1 kilogramme, chaux blutée à 64 p. 100 de chaux libre, 3 kilogrammes, eau 100 litres;

b. *Bouillie cupro-arsenicale :* les mêmes produits + 1 kilogramme d'arséniate diplombique;

c. *Bouillie sulfo-calcique :* du commerce à 4 p. 100;

d. *Bouillie sulfo-calcique arsenicale :* la même + 1 kilogramme d'arséniate de Pb;

e. *Bouillie à base d'huile blanche :* du commerce à 1,250 p. 100;

f. *Poudres à base de fluosilicate de baryum* (produit commercial à 10 et 20 p. 100).

Nous n'avons pas constaté d'accident de brûlure, ni sur les fruits, ni sur les feuilles, avec ces produits. Les pulvérisations, à raison de 1 à 1 l. 1/2 par arbre, ont été suffisantes et tous les produits à base de bouillie bordelaise alcaline ont bien marqué et ont persisté sur les poires, même malgré la pluie, si les bouillies avaient eu le temps de sécher auparavant, ce qui a été presque toujours le cas cette année.

5° *Résultats des traitements.*

Le tableau V ci-joint rend compte dans tous ses détails de l'expérience et des résultats obtenus dans chaque cas.

De ces expériences, il ressort que si la multiplication des traitements à la bouillie cupro-arsenicale (Parcelle I du rang V) assure le maximum de résultats contre le Carpocapse et la Tavelure, on peut serrer d'assez près ces résultats, voisins de 100 p. 100 de réussite, sans multiplier par trop les traitements, mais en les ordonnant mieux. On voit déjà : 1° que *l'arséniate de plomb* est *l'insecticide de choix* contre le Carpocapse et que les *résultats les meilleurs* sont obtenus avec les *traitements d'été* (juin et juillet). En particulier, signalons le traitement tardif du 30 juillet et le coefficient d'efficacité 91 p. 100 (le plus élevé après celui qui a été obtenu avec 6 traitements) pour la parcelle I du rang VI; 2° que le *cuivre* (bouillie bordelaise alcaline par exemple) est le *meilleur remède* contre la Tavelure et que les *résultats les plus élevés* sont obtenus au *printemps*.

(Voir le tableau V, page suivante.)

TABLEAU

Résultats des traitements contr

TRAITEMENTS ET DATES D'APPLICATION.	NOMBRE DE POIRES		
	EXAMINÉES DANS L'ARBRE (27 août).	TOMBÉES ET EXAMINÉES du 27 juin au 27 août.	TOMBÉES P. 100.
RANG V.			
PARCELLE 1.			
Bouillie cupro-arsenicale (6 traitements : 8 et 24 avril, 16 mai, 3 juin 11 et 23 juillet)	250	22	8
TÉMOIN I	88	60	42,8
PARCELLE 2.			
Bouillie cuprique (3 traitements : 8 et 24 avril, 16 mai) *Bouillie à base d'huile blanche* (3 traitements : 3 juin, 1er et 23 juillet)	118	97	45,1
PARCELLE 3.			
Bouillie sulfo-calcique (3 traitements : 8 et 24 avril, 16 mai) *Bouillie sulfo-calcique arsenicale* (3 traitements : 3 juin, 1er et 23 juillet)	323	81	20,0
TÉMOIN II	80	95	54,2
RANG VI.			
PARCELLE 1.			
Bouillie cuprique (3 traitements : 8 et 24 avril, 16 mai) *Bouillie cupro-arsenicale* (3 traitements : 3 juin, 9 et 30 juillet)	228	24	9,5
TÉMOIN I	110	60	35,2

...e Carpocapse et la Tavelure.

POIRES EXAMINÉES (tombées ou dans l'arbre) DANS CHAQUE PARCELLE.			POUR 100 POIRES EXAMINÉES.			COEFFICIENT D'EFFICACITÉ CONTRE	
SAINES.	VÉREUSES.	TAVELÉES.	SAINES.	VÉREUSES.	TAVELÉES.	CARPOCAPSE.	TAVELURE.
269	1	3	98,4	0,3	1,3	99,1	96,6
42	48	58	28.3	32,4	39,3	"	"
128	83	4	59,5	38,6	1,9	0	95,1
325	19	60	80,4	4,7	14,9	85,5	50,0
66	57	52	37,7	32,5	29,8	"	"
243	6	3	96,4	2,3	1,3	91,0	96,9
53	44	73	31,1	25,8	43,1	"	"

TRAITEMENTS ET DATES D'APPLICATION.	NOMBRE DE POIRES		
	EXAMINÉES DANS L'ARBRE (27 août).	TOMBÉES ET EXAMINÉES du 27 juin au 27 août.	TOMBÉES P. 100.
RANG VI. (*Suite.*)			
PARCELLE 2.			
Bouillie cupro-arsenicale (3 traitements : 8 et 24 avril, 16 mai). — Pas de traitement à l'été.	281	61	17,8
PARCELLE 3.			
Bouillie cupro-arsenicale (3 traitements : 29 mai, 24 juin et 17 juillet). — Pas de traitement au printemps.	256	35	12,0
TÉMOIN II.	87	35	28,6
RANG VII.			
PARCELLE 1.			
Bouillie cuprique (3 traitements : 8 et 24 avril, 16 mai). *Poudrage* (Fluosilicate de baryum à 10 p. 100) [3 poudrages : 3 juin, 1er et 23 juillet].	174	62	26,2
TÉMOIN I.	77	32	29,3
PARCELLE 2.			
Bouillie cupro-arsenicale (3 traitements : 29 mai, 24 juin et 17 juillet). — Pas de traitement au printemps.	278	49	14,9
PARCELLE 3.			
Bouillie cuprique (2 traitements : 24 avril et 16 mai). *Poudrage* (Fluosilicate de baryum à 20 p. 100) [3 poudrages : 3 juin, 1er et 23 juillet].	132	75	36,2
TÉMOIN II.	58	20	25,6

POIRES EXAMIMÉES (tombées ou dans l'arbre) DANS CHAQUE PARCELLE.			POUR 100 POIRES EXAMINÉES.			COEFFICIENT D'EFFICACITÉ CONTRE	
SAINES.	VÉREUSES.	TAVELÉES.	SAINES.	VÉREUSES.	TAVELÉES.	CARPOCAPSE.	TAVELURE.
283	39	20	82,7	11,4	5,9	55,8	86,3
211	12	68	72,5	4,1	23,4	83,8	23,0
54	31	37	44,2	25,4	30,4	〃	〃
201	32	3	85,1	13,5	1,4	28,5	96,4
46	20	43	42,2	18,9	38,9	〃	〃
291	9	27	88,9	2,7	8,4	85,7	76,6
161	35	11	77,7	16,9	5,4	0	86,3
44	11	23	56,4	14,1	39,5	〃	〃

Nous résumons et condensons dans le tableau VI ci-après, d'après l'examen du tableau V précédent, ces constatations :

TABLEAU VI.

Résultats des expériences (Résumé).

	TRAITEMENTS.	COEFFICIENT D'EFFICACITÉ.
		p. 100.
Carpocapse.	Arséniate de plomb (printemps et été)	99.1
	Arséniate de plomb (été seulement)	85,9 (de 83.8 à 91.0)
	Arséniate de plomb (été seulement)	55.8
	Poudres au fluosilicate de baryum à l'été	8.4
	Huile blanche à l'été	Pas de résultats?
Tavelure.	Cuivre (printemps et été)	96.8
	Cuivre (3 traitements au printemps)	92.3
	Cuivre (2 traitements au printemps, le 1er du 8 avril étant supprimé)	83.7
	Cuivre (à l'été seulement)	54.0
	Bouillie sulfo-calcique	50.0

D. Recherches de l'arsenic resté sur les poires après les traitements.

L'autorisation récente de traiter les fruits aux arsenicaux jusqu'à deux mois avant leur récolte d'une part et, d'autre part, le fait que les meilleurs résultats ont été obtenus avec des traitements tardifs (par exemple 1 mois avant la récolte), posent à nouveau devant l'opinion, la question de l'emploi des arsenicaux en arboriculture.

Pour essayer de la résoudre, nous avons prélevé, avec soin, à la récolte (27 août) dans les témoins et dans les parcelles traitées aux bouillies arsenicales, environ un kilogramme de poires pour chaque parcelle. Ces poires ont été passées, à trois reprises, dans des eaux contenant 2 p. 100 d'acide chlorhydrique pur. Ces eaux ont été réunies, évaporées et l'on a dosé l'arsenic par la méthode de distillation sous la forme de trichlorure et de titrage, dans le distillat, avec une solution d'iode.

Pour s'assurer que l'épuisement avait été bon, on a fait un 4e lavage sur deux lots de poires, supposées les plus chargées d'arsenic ; enfin, on a vérifié la teneur en arsenic des produits employés pour le dosage.

Les résultats sont consignés dans le dernier tableau ci-contre.

TABLEAU VII.

Recherches de l'arsenic sur les poires.

	POIDS DE CHAQUE LOT de 5 poires.	ARSENIC par KILOGRAMME de poires.	ARSENIC par KILOGRAMME DE POIRES déduit celui qui a été apporté par les réactifs et celui qu'on a trouvé dans les témoins.
	en grammes.	en milligr.	en milligrammes.
6 traitements à la bouillie cupro-arsenicale.....	960.5	1.6	1.4
3 traitements à l'été (bouillie sulfo-calcique arsenicale........................	956.5	1.6	1.4
3 traitements à l'été (bouillie cupro-arsenicale le dernier le 30 juillet)...................	1.099.5	1.35	1.15
3 traitements de printemps (bouillie cupro-arsenicale)..............................	1.083.5	0.25	0.05
3 traitements d'été (bouillie cupro-arsenicale)...	1.107.5	1.2	1.0
3 traitements d'été (bouillie cupro-arsenicale)...	1.199.0	0.75	0.55
Témoin 2..............................	975.0	0.2	0.1 (déduit As. des réactifs)

En définitive, si l'on déduit ce qu'apportent les réactifs (0,1) et ce qu'on trouve dans le témoin (déduit l'apport des réactifs : 0,1) on trouve, par kilogramme de poires : de 1 milligramme à 1 milligr. 4 pour les parcelles ayant reçu le plus de traitements ou les traitements les plus tardifs.

Si l'on procède maintenant au lavage commercial des poires avec de l'eau à 2 p. 100 d'acide chlorhydrique, puis à l'eau ordinaire, on ne trouve plus sur ces poires que 0 milligr. 35 d'arsénic par kilogramme et si l'on en déduit ce que l'on trouve normalement sur les poires et ce que fournissent les réactifs, la dose retrouvée tombe à 0 milligr. 15 par kilogramme de fruits, dans le cas de ceux qui ont reçu le plus de traitements arsénicaux. Tous ces résultats confirment ceux que nous avions déjà obtenus en 1934.

TROISIÈME PARTIE.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Jusqu'ici, l'activité de notre service de recherches s'est bornée, en particulier — à part l'enquête sur la floraison — à rechercher, pour les poiriers de William, les meilleures méthodes (produits et dates d'application) destinées à combattre les trois maladies qui ont occasionné le plus de dégâts dans le verger mis à notre disposition : les *Cochenilles*, le *Carpocapse* et la *Tavelure*. Il va sans dire que, dans

la suite et suivant les cas, son activité s'étendra à d'autres maladies et à d'autres variétés fruitières. Mais la défense de nos vergers n'est qu'une partie de notre programme. L'amélioration de la production fruitière dépend aussi de certaines pratiques culturales : taille des arbres, pollinisation, travaux du sol, choix et application des éléments fertilisants, etc., dont l'étude, pour quelques-unes, est déjà commencée. Le verger nouvellement créé et mis à notre disposition par les *Hospices d'Angers* et qui comprend 1.600 arbres, sera pour nous un champ d'études intéressant, non seulement par le nombre de variétés (150) comprenant 800 poiriers, 700 pommiers et 100 autres espèces : pêchers, cerisiers, pruniers, abricotiers, cognassiers, mais encore par la diversité des porte-greffes. L'étude de la taille et de la forme à donner aux arbres y est également entreprise par notre Groupement.

On comprend qu'avec tous les soins dont il faut aujourd'hui entourer les arbres, certaines formes — les formes basses par exemple — doivent faciliter beaucoup l'exécution des traitements. Les bons résultats que nous avons obtenus, cette année, sur des arbres d'environ 2 m. 50 de hauteur auraient peut-être été différents sur des arbres à haute tige ou sur des arbres de plein vent. Nos conclusions ne peuvent s'appliquer strictement qu'aux arbres conduits et cultivés comme ceux de notre verger d'expériences.

Après les résultats obtenus en 1935, il nous reste :

1° Contre les *Cochenilles,* à vérifier si un seul traitement tardif est toujours suffisant et si les traitements doivent être renouvelés tous les ans;

2° Contre le *Carpocapse,* à fixer le nombre des traitements d'été et la meilleure époque de leur exécution; à voir si un traitement de printemps — qui pourrait être utilisé contre d'autres parasites — est indispensable pour protéger les fruits et doit toujours précéder les traitements d'été;

3° Contre la *Tavelure,* à fixer le nombre des traitements de printemps et à voir si, certaines années, un traitement d'été est nécessaire.

En ce qui concerne les produits anticryptogamiques et insecticides, sans renoncer à d'autres recherches, on peut se borner, pour le moment, aux sels de cuivre et à l'arséniate de plomb.

La *bouillie cuproarsenicale* dont nous avons indiqué la formule doit nous permettre de faire des *traitements combinés* avec le plus de chances de succès et sans doute avec le plus d'économies, étant donné le nombre des espèces parasitaires qu'elle peut combattre efficacement.

Les faibles quantités *d'arsenic* retrouvées sur les poires et qui peuvent être encore à peu près complètement éliminées par un lavage, comme cela se pratique en d'autres pays, doivent rassurer complètement ceux qui hésitent encore à s'adresser aux insecticides à base d'arsenic et ceux qui sont chargés d'en réglementer l'emploi. Si l'on songe, de plus, que les fruits sont généralement pelés avant d'être consommés, on reconnaîtra que les dangers encourus, à la suite des traitements arsenicaux, peuvent être considérés comme nuls pour les consommateurs.

Pour plus de sûreté encore, on pourrait prévoir dans la réglementation à intervenir, une dose limite d'arsenic, par kilogramme de fruits, qui ne devrait pas être dépassée et qu'un organisme serait chargé, à l'occasion, de contrôler.

Le déchet constaté, depuis deux ans, dans la production de notre verger d'expériences — observation qui peut être généralisée — ne tient pas à une faible sortie de boutons floraux et ne tient que pour une faible part aux maladies. Il doit être attribué à la chute énorme de fleurs et de jeunes poires qui s'est produite, en 1935, du 17 avril au 26 juin (97 p. 100). Il eût suffi de ramener de 96,6 p. 100 à 93,2 p. 100, cette proportion pour doubler la production dans la parcelle I du rang V (arbres traités du tableau I).

Le problème de la *quantité* se pose donc en même temps que celui de la *qualité* si nous voulons nous affranchir de l'importation étrangère et reprendre nos exportations.

En terminant cette étude, il nous reste à remercier sincèrement nos deux collaborateurs, MM. Simon et Bosc, pour la part qu'ils ont prise à tous ces travaux.

Angers, le 15 novembre 1935.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Moreau (L.) et Vinet (E.). — *Bulletin de la Société industrielle et agricole d'Angers* (janvier 1935).

2. Moreau (L.) et Vinet (E.). — *Ligue nationale de lutte contre les ennemis des cultures,* séance du 20 juin 1935. *Bulletin* juillet-août 1935.

3. Moreau (L.) et Vinet (E.). — Les pièges-appâts dans la lutte contre la Cochylis. (*Annales des Épiphyties,* t. VI, 1919.)

LE DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE

(*Leptinotarsa decemlineata* Say)

EN AMÉRIQUE DU NORD

par Bernard Trouvelot.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION.

Le Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say) vient de prendre place parmi les espèces qui constituent la faune de France. Une mise au point s'impose donc sur toutes les études le concernant faites dans son pays d'origine, l'Amérique du Nord[1].

[1] De nombreux écrits ont actuellement fait connaître en Europe une partie des connaissances acquises sur le Doryphore en Amérique, mais les uns donnent des aperçus très généraux, les autres n'examinent que des points particuliers.

Pour ne citer que les principaux, nous rappellerons d'abord les ouvrages suivants les plus anciens :

Notice sur le Doryphore publiée en 1877 par le Ministère de l'Agriculture français;

Rapport sur le Doryphore fait par Heuze et qui servit de base à la loi de 1879 ;

Édition anglaise en 1877 de la monographie de Riley sur le Doryphore;

Édition belge de la même monographie (malheureusement écourtée), parue en 1880.

En 1915, P. Marchal a résumé dans un travail d'ensemble sur les États-Unis, l'état du problème doryphorique tel qu'il se présentait en Amérique en 1913. (P. Marchal : Les Sciences biologiques appliquées à l'agriculture aux États-Unis, *Annales Epiph.*, t. III, 1915.)

Après l'apparition du Doryphore en France, ce sont les travaux de Feytaud, qui, consacrés surtout à l'étude de l'insecte en France, ont donné autant que ce cadre le permettait, de nouveaux éléments sur les connaissances se rapportant au Doryphore en Amérique. Les mémoires principaux sont : Feytaud (J.) : Études sur le Doryphore et les moyens de le détruire. (*Ann. Épiph.*, t. XVI, 1923.) et Recherches sur le Doryphore. (*Ann. Épiph.*, t. XXVI, 1933.)

Le même auteur traduisit aussi certains passages de la monographie de Riley et les publia récemment avec titre : «Comment le Doryphore envahit l'Amérique». (*Revue Zoolog. Agric.*, Bordeaux, 1923.)

Le travail est d'autant plus nécessaire que la documentation américaine sur le Doryphore se trouve dispersée dans une foule de publications dont certaines sont fort difficiles à consulter en Europe.

Le Doryphore se montra en Amérique, entre 1860 et 1880, un fléau dont l'importance économique ne peut mieux être comparée qu'à celle prise en Europe vers la même époque par le Phylloxera de la Vigne. Devant les ravages qu'il occasionna, la culture de la pomme de terre fut considérée un moment comme perdue.

De tenaces efforts et un ensemble de conditions naturelles eurent peu à peu raison de l'énorme prolifération du ravageur, si bien que, actuellement, en Amérique, la multiplication de l'espèce est tenue en échec d'une façon assez satisfaisante au point de vue économique.

Les données acquises en Amérique sur le Doryphore ont fourni déjà de précieux renseignements à l'Europe. Elles ont permis de prévenir des dévastations aussi graves que celles qui ont rendu l'insecte célèbre aux États-Unis il y a cinquante ans et de préparer plus rapidement les premières techniques de lutte courante. Mais l'intérêt de cette source de documentation n'est pas épuisé actuellement. C'est en effet dans l'étude détaillée de ce qu'elle offre, que l'on trouvera de nombreuses indications permettant de comprendre les problèmes qui vont se poser successivement en Europe, avec l'établissement de l'espèce, et dont l'importance et la complexité sont indiquées par le fait que la surface cultivée en pommes de terre en Europe est dix fois supérieure à celle occupée par la même plante en Amérique du Nord.

Dans la révision envisagée, les chapitres à examiner concernent successivement l'origine biologique et géographique de l'insecte, les particularités évolutives de l'espèce, l'histoire des dégâts commis, enfin, la succession des techniques employées et l'évolution actuellement suivie en ce qui concerne la lutte courante.

Les chapitres biologiques exigent un large développement. Ils donnent en effet des éléments qui aident à préciser le potentiel de ravages possibles particulier à cette espèce si spéciale au point de vue de son origine, de son aptitude à une prolifération intense, espèce qui étant probablement, selon Tower, en pleine phase d'évolution à l'heure actuelle, peut présenter dans les nouveaux habitats qu'elle envahit, des réactions biologiques importantes amenant de graves surprises si une attention soutenue n'est pas constamment apportée.

L'avertissement suivant donné par Riley dès 1876 : «Les Européens pourraient apprendre un jour à leurs dépens combien est robuste et vivace la constitution de notre Doryphora», semble toujours garder son entière valeur en ce qui concerne les territoires nouvellement envahis.

*
* *

La présente révision qui s'arrête à l'année 1930, ne peut être considérée comme clôturant la série des intéressants travaux biologiques à faire en Amérique sur le Doryphore. Nous pensons au contraire que la voie reste toujours ouverte

pour de nouvelles observations parmi lesquelles se placent en premier rang les études sur la vie de l'insecte sur ses anciennes plantes-hôtes, et dans son habitat origine, puis les études sur les parasites l'entourant en ces lieux ou dans les régions montagneuses. De très nombreux problèmes posés demeurent à peine effleurés ou mériteraient d'être révisés en utilisant les connaissances générales actuelles. Puissent les présentes lignes faciliter le travail à ceux qui voudraient s'engager sur la voie déjà brillamment suivie par de grands Entomologistes américains et qui offre, en nombre considérable, des sujets de pleine actualité tant au point de vue agronomique que biologique.

*
* *

La documentation donnée par le présent travail a été en grande partie réunie sur place, aux États Unis et au Canada, au cours d'un séjour fait pour l'étude des parasites du Doryphore et dont les circonstances ont été relatées dans la première partie du mémoire, celle concernant l'étude des parasites du Doryphore, parue en 1931 [1].

Nous sommes heureux de renouveler nos remerciements aux personnes dont les noms furent cités antérieurement et de présenter en plus l'expression de notre vive gratitude à M. Rohwer, chef du Bureau d'Entomologie de Washington qui eut la grande courtoisie d'examiner le présent manuscrit et de nous communiquer de précieux renseignements personnels.

I. LE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* AVANT SON DÉVELOPPEMENT SUR LES CULTURES DE POMMES DE TERRE.

Habitat de l'espèce au moment des premières attaques sur les pommes de terre. — Lorsque, en 1860, les premières attaques du Doryphore apparurent sur les pommes de terre, l'insecte était loin d'occuper en Amérique du Nord les vastes territoires sur lesquels on le trouve distribué aujourd'hui.

Jusqu'en 1860, son habitat, s'étendait exclusivement sur les savanes bordant à l'ouest les Montagnes Rocheuses, traversant du sud au nord les États de l'Arizona, du Colorado, de l'Arkansas et du Nebraska, et allant de la frontière mexicaine aux sources du Missouri.

Le Doryphore évoluait en ces emplacements exclusivement sur des Solanées sauvages, surtout sur le *Solanum rostratum*, formant de petites colonies disséminées et rarement riches en individus (au dire de Say, l'espèce ne présenta une prolifération un peu plus élevée, mais exceptionnelle, qu'en 1824 dans la haute vallée du Missouri).

[1] Trouvelot (B.) : Recherches sur les parasites et les prédateurs attaquant le Doryphore en Amérique du Nord. (*Ann. des Épiph.*, t. XVII, 1931.)

Les premiers individus connus et qui servirent à SAY pour la description de l'espèce en 1824 (sous le nom de *Chrysomela decemlineata* SAY), provenaient de la haute vallée du Missouri[1].

D'après RILEY, l'insecte reçut le nom populaire de «Colorado beetle» (bête du Colorado), non pas parce qu'il s'était montré abondant dans l'État du Colorado, mais parce que les premiers exemplaires connus venaient de cet État.

En fait, jusqu'au moment de la colonisation des plateaux longeant à l'ouest les Montagnes Rocheuses, le *L. decemlineata* ne constituait qu'une «curiosité entomologique» (RILEY).

Les récentes migrations accomplies par le Doryphore avant l'envahissement des cultures de pommes de terre. — RILEY établissait le premier, en 1876, que, contrairement aux suppositions généralement admises, il ne fallait pas considérer le Doryphore comme un élément autochtone de la faune des États de Nebraska ou du Colorado. L'espèce n'était autre pour cette faune qu'un émigrant naturel récemment arrivé et provenant de régions plus méridionales. RILEY précisait même que le Doryphore habitait autrefois exclusivement la plaine située entre les «Monts Noirs» et la frontière mexicaine actuelle. Lorsque la colonisation, en se développant, provoqua une extension septentrionale de l'aire de distribution géographique du *S. rostratum* (les graines de la plante se fixant aisément sur les toisons des animaux étaient transportées par les troupeaux migrateurs) le Doryphore suivit la plante hôte et, par lente migration, atteignit avec elle l'État du Nebraska.

Origine géographique des Leptinotarsa et en particulier du Doryphore. — TOWER chercha à remonter plus avant que RILEY dans l'histoire présumée du *Leptinotarsa*

(1) L'espèce *decemlineata* fut changée plusieurs fois de genre.

Après SAY qui la plaça avec les *Chrysomela*, ROGERS, en 1856, l'incorpora dans le sous-genre *Doryphora* fondé par OLIVIER; en 1874, GENNIGER et HAROLD la reportèrent dans le genre *Leptinotarsa* où, de nos jours, elle semble devoir se maintenir. (RILEY, 1876; BOURGEOIS (J.), Notes sur le *Doryphora decemlineata; Bull. Soc. Amis. Sci. nat.*, Rouen, 1875.)

Une erreur assez grande s'était glissée dans les premiers classements. Les *Leptinotarsa*, très voisins des *Chrysomela s. s.*, se distinguent de ceux-ci par la présence d'une gouttière ou d'une rainure à la face extérieure des jambes; ils ne présentent pas, comme les *Doryphora* une pointe cylindrique aiguë au mesosternum, sorte de corne dirigée en avant. (BROCCHI, traité de Zoologie agricole, Paris 1886.)

Divers autres noms de genres ont encore été proposés pour l'espèce, mais ils ne furent pas retenus. Selon BOURGEOIS, la synonymie complète serait la suivante :

Chrysomela decemlineata (SAY 1824).
Doryphora decemlineata (ROGERS 1856).
Polygramma (CHEV.) *decemlineata* (MELSHEIMER, 1853).
Myocorina (STÄL *decemlineata*.
Leptinotarsa (STÄL) *decemlineata*.

BOURGEOIS croit aussi que les descriptions anciennes données par SAY et ROGERS ne portent pas sur des individus appartenant à un même type. D'après lui la diagnose de SAY se rapporterait effectivement à la variété dite *multilineata* isolée plus tard par STÄL.

decemlineata. Les documents réunis apportent d'utiles aperçus sur les mœurs et les possibilités de variations du Doryphore, éléments conditionnant étroitement le potentiel de dégâts particulier à l'espèce [1].

Tower basa ses travaux sur des observations biologiques faites simultanément dans la nature et sur des élevages artificiels, puis utilisa des relevés zoogéographiques très détaillés concernant la distribution de toutes les formes du genre *Leptinotarsa*.

Dans ses premiers travaux, parus en 1900, Tower concluait que le genre *Leptinotarsa* avait une origine néotropicale, c'est-à-dire que primitivement ses représentants se trouvaient cantonnés exclusivement dans l'Amérique centrale et dans le nord de l'Amérique du Sud [2]. Les travaux de 1906 et 1918, confirment ces vues.

Nombreuses formes du genre *Leptinotarsa* semblent avoir quitté cet habitat originel au moment du recul de l'invasion glaciaire; remontant lentement vers le nord, elles se seraient installées dans le sud de la région néoarctique (Mexique et sud des États-Unis), effectuant ainsi des migrations analogues à celles présentées par de nombreuses autres formes néotropicales, certaines de ces migrations se poursuivant encore aujourd'hui [3].

Les déplacements suivis ont amené les espèces du genre *Leptinotarsa* à se répandre finalement sur trois ensembles géographiques principaux à caractères climatiques et biologiques bien distincts: la côte mexicaine de l'Océan Pacifique, la «Table mexicaine» (hauts-plateaux) et la côte occidentale du Golfe du Mexique (Tower, 1900), et sur ces ensembles, à se localiser de telle façon que chaque habitat présenté possède en général une forme particulière de *Leptinotarsa*.

La forme *L. decemlineata* appartient au groupe de la «Table mexicaine», groupe dont les représentants ont pour signes distinctifs : une petite taille des insectes parfaits et une division des aires pigmentées du corps en un grand nombre de petites plages.

La forme type de l'ensemble propre à la Table mexicaine est le *L. multilineata*, car cette forme présente l'aire de distribution géographique la plus centrale et

[1] Le but principal des recherches entreprises par Tower était la précision des conditions déterminant la formation d'espèces nouvelles, les conditions présumées étant les mutations, l'action du milieu, les lentes variations accompagnées de sélections naturelles.

Le genre *Leptinotarsa* en «pleine évolution» comme on peut le présumer d'après les faibles caractères distinctifs existant entre les espèces (Tower), offrait un exemple de choix pour ces travaux. Il présentait aussi un grand nombre de formes, avec pour l'une d'entre elle et une seule, la forme *L. decemlineata*, un changement de plante-hôte, accompli en des temps historiques, suivi d'une pullutation intense et d'une dispersion sans précédent propageant l'espèce sous des climats les plus variés et très différents de ceux jusqu'alors éprouvés.

[2] Sur les 13 genres que la famille des Chrysoméliens présente en Amérique du Nord (225 espèces), 12 d'entre eux sont spéciaux au Nouveau Continent (Tower).

[3] Adams (C. C.) : Southeastern United States as a center of geographical distribution of fauna and flora. (*Biol. Bull.*, vol. III, n° 3, 1902.). — Adams (C. C.) : Post glacial origin and migration of the life of the northeastern States. *Journal of geography*, vol. I, n° 7, 1902.)

Webster : The diffusion of insects in North America. (*Psyche*, vol. 10, 1902.)

l'abondance en individus la plus grande. C'est par d'insensibles transitions qu'elle se relie au sud avec la forme *undecemlineata* et au nord avec la forme *decemlineata*.

Le véritable habitat du Doryphore serait donc une aire limitée à l'ouest par les Montagnes Rocheuses et les déserts de l'ouest du Texas, et s'étendant partiellement sur les États actuels du Nouveau Mexique, du Texas et de l'Arizona.

Sur les quarante-trois formes principales du genre *Leptinotarsa* établies par Tower [1], la forme *decemlineata* est celle s'étant la plus éloignée du centre de dispersion supposé des espèces et ayant gagné les climats les plus septentrionaux.

En outre elle est la seule dont les représentants ne dépassent pas au Sud l'actuelle frontière mexico-américaine [2].

Distribution géographique des Leptinotarsa. — Si les *Leptinotarsa* ont une remarquable homogénéité de régime alimentaire (tous se nourrissent exclusivement de Solanées et attaquent surtout le *S. rostratum* en montagne et le *S. Carolinense* dans les plaines), par contre ils diffèrent profondément entre eux quant à leurs exigences écologiques.

Dans le phyllum des *lineata*, l'un des plus riches en types et auquel se rattache le *L. decemlineata*, l'habitat le plus méridional est occupé par *L. undecimlineata* que Tower considère comme type le plus primitif du phyllum. Cette espèce, exclusivement des climats semi-tropicaux, n'habite que les terres déboisées de vallée; jamais on ne le rencontrerait en forêt ou sur des terrains inondables [3].

L. multitaeniata, assez courant, est au contraire une espèce des prairies de plaines, exigeant un sol d'humidité très strictement définie.

[1] Les quarante-trois formes se groupent en sept phyllum pouvant chacun être considéré comme espèce linnéenne. L'habitat le plus général est le sud du Mexique. Seulement trois formes atteignent vers le nord la frontière Mexico-Américaine.

[2] *L. juncta* effectua aussi une longue migration, mais celle-ci resta surtout dirigée vers l'est, si bien que l'espèce ne dépassa pas, contrairement à ce que fit *L. decemlineata*, la latitude de Washington D. C.

[3] *Tableau-résumé des filiations établies entre les formes du genre Leptinotarsa.*

Le phyllum des *Lineata*, d'après Tower (travaux 1906 et 1917), comprendrait :

1° *L. juncta*, Guer (et sa forme *texana*).
L. defecta, Stal.
L. tumanoca, Tower.

2° a. *L. undecemlineata* Stål.
b. *L. panamensis*, Tower.
L. diversa, Tower.
L. angustovittata, Jacoby.
L. signaticollis, Stal.
c. *L. multitaeniata*, Stål (et les formes *intermedia variabilis*).
L. oblongata Tower.
L. rubicunda, Tower.
L. decemlineata, Say.

L. multitaeniata forme *intermedia*, très voisin de *L. decimlineata*, se rencontre exclusivement sur les hauts plateaux et sa distribution géographique serait réglée par les époques des précipitations atmosphériques annuelles.

L'espèce est en effet caractéristique des climats semi-désertiques, les insectes parfaits demeurant engourdis pendant les saisons sèches [1].

D'autres formes du même groupement ont des habitats de très petite superficie, certains situés aux confins des régions désertiques. Telles sont : *L. diversa*, *L. signaticollis*, *L. angustovittata*, *L. oblongata*, *L. melano-thorax* et *L. rubiconda*.

Une place toute particulière revient à *L. juncta*, que Tower croit différencié très



Fig. 1. — *Habitat primitif et premières migrations du Doryphore (avant 1850).*

Primitivement localisé dans le Nouveau Mexique et l'Arizona (D), le Doryphore, à partir du XVIIIe siècle, remonta lentement vers le Nord en envahissant les prairies qui bordent à l'Est les Montagnes Rocheuses. Les déplacements ont été limités au Sud-Ouest par la zone aride et très chaude de la basse vallée du Colorado (a), au Nord-Ouest par les Montagnes Rocheuses, et à l'Est par une zone de savanes dépourvues de Solanées. Les aires géographiques occupées par des espèces qui ne subirent aucun déplacement sont :

J pour *L. juncta* (d'après Tower);
I pour *L. intermedia* (d'après Tower);
M pour *L. multitaeniata* (d'après Tower).

N. B. — Les cartes illustrant ce mémoire ont été composées par l'auteur et exécutées par *M. Gumot*, du Centre National de Recherches agronomiques de Versailles.

(1) Récemment la forme *L. intermedia* accrût son aire de distribution géographique en remontant avec le *S. rostratum* sur les États du Nouveau-Mexique, du Texas, du Nebraska et du Kansas, mais il ne gagna pas des latitudes aussi septentrionales que *L. decemlineata*. Ses individus restent toujours très clairsemés et ne dépassent guère 2.700 mètres en altitude. *L. intermedia* n'a pas été signalé sur les pommes de terre.

précocement et qui se répandit exclusivement sur les terres d'alluvions bordant le golfe du Mexique de l'embouchure du Rio Grande à la Floride [1].

Influence probable de l'environnement sur la différenciation ancienne des nombreuses formes du genre Leptinotarsa. — L'examen détaillé de la distribution géographique des formes de *Leptinotarsa* met en relief la contiguïté, la quasi-continuité des aires de distribution géographique des différentes formes d'un même phyllum et leurs très rares superpositions.

Tower, voit dans ces caractères, des évidences mêmes d'une continuité «dans la différenciation des espèces laquelle serait en corrélation avec les complexes de l'environnement naturel».

«Les espèces du phyllum des *lineata*» ajoute le même auteur «présentent un exemple frappant du phénomène [2]»; d'après les éléments qu'elles offrent «il y a de fortes évidences que l'évolution ontogénique des espèces soit le résultat des réactions aux changements de milieu.

«Si ces formes avaient leur origine dans le résultat d'une mutation, et si leur distribution présente était la conséquence d'une ségrégation dans un habitat favorable, ce serait une coïncidence remarquable que ces espèces, qui représentent des étapes dans la différenciation ontogénique des espèces, occupent des habitats qui sont aussi des étapes dans la différenciation des habitats».

Le genre *Leptinotarsa* se révèle donc comme un genre particulièrement plastique et Tower conclut à sa grande sensibilité aux actions du milieu.

Par contre, en ce qui concerne la différenciation des races au sein même des espèces ou des formes, Tower n'arrive pas à des déductions aussi précises, il croit que les documents donnés par les distributions géographiques actuelles ne permettent pas de dire si les différenciations raciales dépendent de l'une ou de l'autre

[1] Morphologiquement, *L. juncta* Gemar, se reconnaît aisément grâce à une rangée simple et régulière de ponctuations bordant les bandes ornant les élytres (chez les autres formes la rangée est double et irrégulière). De plus, *L. juncta* a des maculatures noires sur les cuisses (Bourgeois, *Loc. cit.*)

[2] Au sein de ce phyllum, «l'ancêtre le plus probable du groupe, *L. undecemlineata*, donne comme résultante de certaines conditions d'environnement dans la nature et en expérience, une forme *angustovittata* qui se rapproche d'une autre *L. signaticallis*. Dans cette série de trois espèces, *L. undecemlineata* habite les régions basses, chaudes et humides au sud et à l'est des hauts plateaux mexicains; *L. angustovittata* apparaît comme un membre régulier de la faune de la portion basse de l'escarpement du Plateau mexicain à l'est, au sud et à l'ouest, pendant que, plus haut, sur les faces méridionales et occidentales de l'escarpement se trouve *signaticallis*. Entre ces trois espèces, il y a des variations d'un caractère intermédiaire à la fois dans la nature et dans les expériences.

«D'autres évidences se trouvent avec d'autres espèces. Il y a une série d'espèces qui, distribuées sur le Mesa sud, l'Escarpement et le Mesa nord, les grandes plaines et la partie est des États-Unis, montrent une continuité parfaite non seulement dans leur distribution mais aussi dans leurs variations géographiques.

«Nous sommes également capables de suivre les migrations de ces espèces sur divers habitats; les espèces *multitaeniata, intermedia* et *decemlineata* présentent une continuité inusuelle de distribution et de différenciation spécifique sur une vaste aire» (Tower).

des causes suivantes : influence directe du milieu, sélection naturelle ou ségrégation. Peut-être plusieurs éléments, bien des fois, ont-ils agi simultanément.

Caractères écologiques des Leptinotarsa et plus particulièrement du L. decemlineata. — Selon Tower le genre *Leptinotarsa* a pour habitat de base la «prairie» (Grassland), habitat formé par des «aires sur lesquelles de fréquentes précipitations atmosphériques maintiennent humides, pendant l'été ou la période végétative, la surface du sol et les couches les plus basses de l'air».

Si les *Leptinotarsa* se montrent très sensibles aux différences de degré d'humidité présenté par l'air ou le sol, par contre, les variations de température auraient peu d'influence sur eux.

Selon Tower, la température n'aurait qu'une action indirecte en conditionnant la croissance des plantes dont ils se nourrissent.

Dans la prairie on trouve des «aires physiologiquement sèches», celles formées par les savanes, les steppes et les semi-déserts, et des «aires physiologiquement humides», celles occupées par les prés.

Le *L. decemlineata* est une espèce de steppe; elle caractérise ce milieu avec les formes *melanothorax* et *multitaeniata* qui, plus méridionales, habitent exclusivement le Mexique.

Les formes du genre *Leptinotarsa* sont en majorité spécialisées à une vie dans les savanes; seules, quelques-unes d'entre elles évoluent dans les «semi-déserts» et une seule, le *L. juncta*, habite les zones dites de «prés».

Variations récentes ou en cours apparaissant dans l'espèce decemlineata. — Les études géographiques ayant conduit Tower à voir *L. decemlineata* formé aux dépens d'espèces plus anciennes ayant subi d'importants déplacements territoriaux, logiquement cet auteur était amené à se demander si les phénomènes en cause ne continueraient pas à se développer de nos jours et n'aboutiraient pas à l'apparition de formes nouvelles peut-être encore plus redoutables pour les cultures de Pommes de terre que celles existant actuellement. La dispersion récente de *L. decemlineata* sur des territoires beaucoup plus vastes et plus variés que ceux occupés autrefois ne pouvait être qu'un élément favorable à la continuation de transformations raciales au sein du genre *Leptinotarsa*.

Selon l'expression de Guyenot[1], Tower pensait en abordant ces recherches «montrer que les espèces naissent par modifications progressives et se trouvent ensuite séparées par l'extinction des formes intermédiaires».

Tower conduisit très ingénieusement les travaux en procédant à la réunion d'abondants matériaux pris sur les points les plus variés de l'aire actuelle de distribution géographique de *L. decemlineata*. Parallèlement il conduisit et suivit scrupuleusement d'importants élevages pendant plusieurs années.

Malheureusement les résultats donnés par l'énorme labeur fourni et un plan de travail de grande valeur, demeurèrent incertains (Guyénot).

[1] Guyenot (E.) : La variation et l'évolution, p. 55 (Paris, 1930).

Effectivement aucune variation fixée et ayant une certaine amplitude n'a été révélée.

Des variations apparaissent bien dans la nature, comme dans les élevages, mais elles ne laissent pratiquement aucune trace.

Les variations observées sont de deux sortes. Les unes, les plus nombreuses, mais ayant la plus faible amplitude, sont nettement sous les influences du milieu; elles ne se montrent pas héréditaires. Les autres au contraire, vraies mutations, probablement déterminées aussi par l'influence du milieu, sont beaucoup plus rares, mais leur importance évolutive est plus grande. Apparaissant brusquement, elles se révèlent immédiatement héréditaires et suivent les lois de Mendel dans les hybridations (1).

Tower trouve finalement que les mutations, si elles paraissent indiquer le sens suivant lequel les tendances à la variation lente s'exercent dans une espèce, elles semblent dans la nature se révéler sans rôle appréciable, au moins quand on considère une période assez courte. Dans le cadre des observations faites par Tower, la sélection naturelle les élimina toujours.

Il ne faut pas voir dans les résultats négatifs obtenus une contradiction avec les conclusions premières concernant l'influence du milieu et déduites des études des formes actuelles et de leur distribution géographique. Dans les élevages artificiels, de même que dans la nature (la grande invasion Doryphorique ne datait que de trente années au moment des études de Tower), le facteur temps ne pouvait avoir eu qu'une influence très réduite. Des phénomènes qui ne se produisent pas en peu d'années peuvent fort bien se réaliser au cours de périodes de plusieurs siècles aussi il serait erroné d'étendre sans mesure les conclusions négatives obtenues par Tower.

Caractères biologiques en corrélation avec la multiplication intense et la migration géographique considérable, soudainement présentées par l'espèce decemlineata. — Le brusque développement pris par *L. decemlineata* de 1850 à 1880, alors que nombreuses espèces très voisines et vivant sur les mêmes plantes que lui ne présentèrent pas de semblable phénomène biologique, a toujours été, et demeure encore un des faits les plus énigmatiques observés par les Entomologistes.

Son importance n'échappa pas à Riley qui dès 1867 écrivait : «nous remarquons

(1) Selon Guyenot, Tower en examinant 207.891 individus envoyés de toute part du continent américain, n'aurait rencontré que 118 mutants, soit une proportion de 1 pour 1.761. «Toutefois» ajoute Guyenot, «les individus provenant du Maryland ayant donné l'énorme proportion de 82 mutants, sur 11.792, il convient de mettre ce lot à part. Les autres groupes offrent alors une proportion de 36 sports sur 196.099 individus, soit 1 pour 5.447.

«Ces mutations trouvées dans la nature, ont apparu à nouveau dans les élevages; leur fréquence moyenne d'apparition, au cours des années 1894 à 1904 a été de 1 mutant sur 6.000». Dans les élevages, Tower réalisa les expériences de sélection, «en prenant toujours comme reproducteurs, à chaque génération, les individus qui présentaient au degré extrême, le caractère considéré».

Les mutations obtenues en élevage et retrouvées dans la nature formèrent sept véritables races héréditaires.

la vitalité exceptionnelle du *D. 10 lineata* bien que nous ne puissions l'expliquer. Pourquoi *D. 10 lineata* a envahi le pays et est devenu un fléau quand son congénère à peine distinguable, *D. juncta*, se nourrissant sur le même genre de plantes, s'est révélé incapable d'adaptation et reste indifférent?»

L'extension actuelle prise par la culture de la pomme de terre a offert à nombreux *Leptinotarsa* d'égales chances de développement sur le nouvel aliment apporté en abondance. Les chances se présentaient surtout pour *L. juncta*, *L. intermedia* et *L. multitaeniata* dont les aires de distribution ont des surfaces peu différentes de l'aire primitive du *L. decemlineata*.

En mettant à part *L. decemlineata*, seul *L. multitaeniata* semble être capable d'évoluer dans la nature sur *S. tuberosum* mais un tel changement de régime ne comporte pas de grandes conséquences agricoles. Le passage sur la nouvelle plante-hôte, ne fut pas suivi de migrations importantes, l'espèce restant cantonnée au Mexique (Ramirez) [1].

Quant à *L. juncta*, il ne se serait jamais porté sur les plantations de pommes de terre malgré leur importance dans les régions qu'il occupe. Sur les mêmes territoires *L. decemlineata* se comporta tout autrement. Tshudi aurait bien indiqué un passage de *L. juncta* sur tomates et aubergines, mais selon Kerchove [2], cette observation est discutable.

L. juncta reste pratiquement cantonné sur la Solanée sauvage formant son aliment primitif.

S'il est difficile, en l'état actuel de nos connaissances, de préciser toutes les causes ayant conditionné les brusques pullulations et dispersions présentées par la seule espèce *L. decemlineata*, diverses observations apportent pourtant d'utiles précisions à cet égard qui méritent d'être citées.

Tower, après avoir examiné les facteurs du milieu physique influençant la distribution de chaque forme du genre *Leptinotarsa* (humidité, température, nature du sol, altitude) arrive à cette conclusion pour le Doryphore : «*L. decemlineata* a des conditions de milieu bien plus lâches que les autres espèces lesquelles exigent des conditions très strictes».

La remarque s'applique aussi bien aux exigences climatiques qu'aux exigences alimentaires.

«Il est curieux, écrit Tower, qu'en dehors de son habitat primitif, *L. decemlineata*, ait un nombre de plantes alimentaires bien plus grand que sur cet habitat et bien plus élevé que pour les autres espèces du même genre. Il existe dans la région est des États-Unis, à la fois dans les sols secs, les sols humides et les sols sablonneux; dans l'argile ou les alluvions riches; dans les plaines, les pentes des collines et les montagnes; à découvert ou dans la forêt. Pour cette espèce, il semble bien qu'une dépendance *peu étroite* vis-à-vis d'un environnement très délimité soit un nouveau caractère, non un caractère originel, car dans sa patrie,

[1] *L. multitaeniata* attaque par contre assez fréquemment les tomates au Mexique et se montrerait même assez nuisible dans les cultures (Calvino, Ramirez).

[2] Kerchove (de) de Denterghem : L'ennemi de la pomme de terre. Bruxelles, 1875.

le Doryphore se nourrit presqu'exclusivement sur le *S. rostratum* et vit seulement en terrain découvert (savanes et steppes), jamais sur les pentes des montagnes ni dans les aires boisées.»

L. decemlineata, qui est une espèce de «steppe», supporte mieux l'eau que les espèces localisées dans les régions «demi désertiques» ou les «savanes», aussi a-t-il une latitude beaucoup plus grande que ces dernières pour évoluer sous des climats variés [1].

Au sein du genre *Leptinotarsa*, la forme *decemlineata* occupe une place exceptionnelle en raison de ses exigences écologiques les moins strictes et de ses facilités d'adaptation au milieu les plus grandes. Ces caractères semblent avoir conditionné en grande partie ses possibilités de présenter de grandes pullulations et d'effectuer des migrations éloignées. Rebelle à des changements morphologiques rapides apparaissant sous l'influence du milieu, elle put effectuer des migrations tout en demeurant jusqu'à l'heure actuelle, assez semblable à elle-même. «Il faut de très grands changements pour provoquer des variations chez elle» écrit Tower.

Tower voit dans l'aisance du vol à l'automne, un autre élément ayant favorisé les grandes migrations présentées par le *L. decemlineata*. Ces vols d'automne, actifs ou passifs, disperseraient à grande distance les femelles avant qu'elles ne déposent leurs œufs. Le caractère, qui est particulier aux seules formes *multitaeniata*, *intermedia* et *decemlineata* serait, selon Tower, d'apparition ancienne et, se rencontrait déjà sur le *L. multitaeniata* l'ancêtre présumé du groupe ayant émigré vers le nord du Mexique.

Enfin, *L. decemlineata*, présenterait une «vitalité» supérieure à celle des autres espèces du même genre. Ainsi, dès son arrivée en Louisiane, il dévora avidement le *Solanum carolinense* (plus encore que le *S. tuberosum*) sur lequel *L. juncta* évoluait, si bien que, selon Tower, *L. juncta* disparut de beaucoup de localités «peu de temps» après l'arrivée de *L. decemlineata*; les deux espèces ne paraissent pas être aptes à cohabiter sur les mêmes emplacements; malheureusement nous manquons de documents récents sur ces questions, et selon les indications obligeamment fournies par H.-S. Barber, il apparaît douteux que *L. juncta* ait complètement abandonné la région de Washington.

«Pourquoi» se demande Tower, «*L. juncta* se retire-t-il devant *decemlineata*?» c'est ajoute-t-il «une question d'intérêt considérable car les deux espèces ont des plantes alimentaires originales entièrement différentes».

Quaintance (citation de Tower) remarqua que ces deux *Leptinotarsa* s'hybrident aisément dans la nature. Tower reconnut les mêmes faits et conclut que les change-

[1] Tower montra expérimentalement que l'espèce pouvait en six générations s'adapter aux conditions de vie des régions désertiques, par contre, la résistance acquise à la sécheresse affaiblit les facultés de résistance au froid, ce qui fit que, à la deuxième génération, les individus ramenés dans des climats froids et humides périrent en grand nombre pendant l'hiver (92,7 p. 100 au lieu de 21 p. 100); après quelques générations en région désertique la mortalité hivernale devint totale.

ments géographiques précités seraient dus à une infériorité biologique pour une espèce (*L. juncta*) et à un phénomène de «dominance» pour l'autre (*L. decemlineata*).

II. L'INVASION DORYPHORIQUE EN AMÉRIQUE DU NORD DE 1860 À NOS JOURS.

Apparition du Doryphore sur les cultures de pommes de terre. — La première apparition du Doryphore sur les cultures de pommes de terre s'effectua dans l'État du Nebraska. Les précisions manquent sur la région exacte mais de nombreux documents la font placer à deux cents kilomètres à l'ouest de la petite ville d'Omaha City située sur la grande voie de circulation allant de Chicago à San-Francisco, via Salt-Lake City.

Le Doryphore vivait à la même époque sur les plateaux dont l'altitude restait entre 1.000 et 1.800 mètres et attaquait des Solanées sauvages (Tower). Il se porta sur les cultures de pommes de terre dès que celles-ci furent introduites, c'est-à-dire entre 1845 et 1850 au moment où le «Rush» californien rendit nécessaire l'établissement de vastes et fréquents relais le long de la grande piste de migration humaine.

Les premières constatations faites par les nouveaux colons, étaient une destruction automnale des plantations toutes nouvelles encore, par «des insectes venant de la Prairie». Les ravageurs restant sur les terrains envahis, puis évoluant sur place, en peu de temps la culture de la pomme de terre devenait impossible, les jeunes pousses des plantes étant dévorées au fur et à mesure de leur sortie de terre (Riley).

Début de la grande migration. — La première date précise concernant l'apparition du Doryphore, se trouve, selon Tower, dans un écrit de Hazen daté de 1859; à l'époque l'insecte «progressait rapidement» vers Omaha City.

Le Doryphore chemina vers la plaine du Missisipi en utilisant les pieds de pommes de terre, qui développés le long des pistes de migrations, offraient une sorte de jalonnement régulier de petits relais alimentaires entre les centres agricoles (Tower).

La progression se réalisa surtout par vols à l'automne, la tradition orale rapportant que, aussitôt les pluies d'août, les insectes arrivaient de la prairie par nuées et que là où ils s'abattaient, les cultures de pommes de terre disparaissaient en peu de temps. Sur les mêmes emplacements, au printemps suivant, les ravageurs sortaient de «terre par légions».

Principales étapes de la grande migration[1]. — La rapidité de progression s'accrût avec l'importance de la culture des pommes de terre dans les territoires nouvel-

[1] Pour les détails se reporter aux études de Riley, Tower et Chittenden.

lement envahis. Le Mississipi étant franchi en 1864, le déplacement du Doryphore avait été de 400 kilomètres en quatre années.

La presse agricole s'émut, dès 1862, lors de l'envahissement des États d'Iowa et du Missouri; en 1865, Walsh dans le «Practical Entomologist» indiquait des déplacements des Doryphores par véritables «colonnes».

Les essaims les plus avancés atteignirent la côte atlantique en 1874.

Au total, de l'Ouest à l'Est, la progression s'était étendue sur une distance de 2.400 kilomètres, distance franchie en treize années, soit à une vitesse moyenne de 185 kilomètres par an. Vers le Nord et surtout vers le Sud, la progression était beaucoup plus lente; en 1874, la latitude de Nashville n'était pas atteinte.

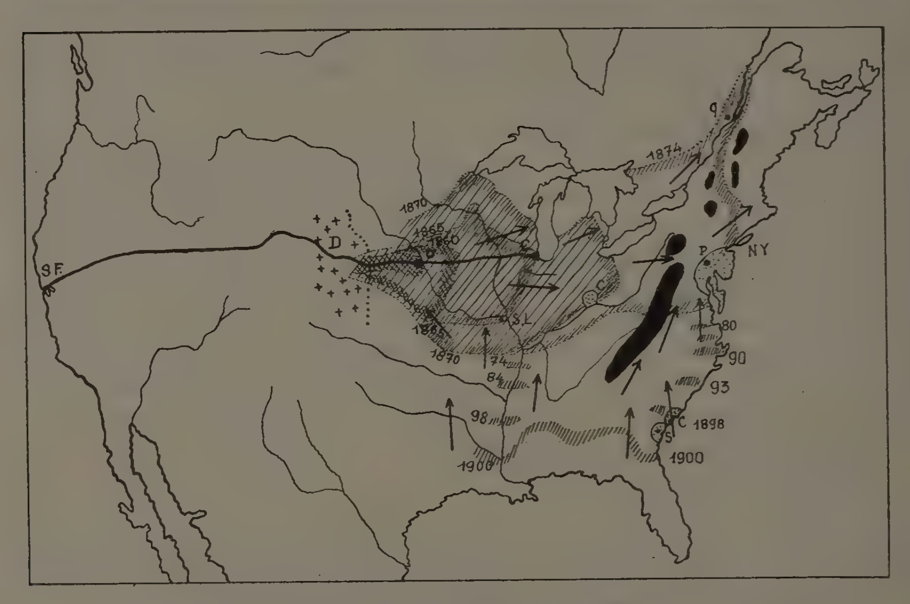


Fig. 2. — *Déplacements du Doryphore après son adaptation sur la Pomme de terre et l'influence des vents d'automne sur la vitesse de progression de l'insecte.*

Les hachures indiquent les étapes de l'invasion, et les flèches le sens des vents d'automne. Le trait plein correspond à la voie de circulation unissant Chicago à San Francisco. O : Omaha; — Co. : Chicago; — SL : Saint-Louis; — Ci : Cincinnati; — C : Charleston; — P : Princeton; auprès des trois dernières villes, l'invasion s'est faite très précocement, l'insecte ayant sans doute été transporté par des véhicules. (Documents Tower remaniés.)

Les grandes multiplications. — L'année 1874 resta célèbre par la multiplication intense de l'insecte qui se présenta même sur les territoires depuis longtemps envahis. Mais la gravité du fléau varia avec les années. Après un été pluvieux, il y eut régression du ravageur dans toute la vallée du Missisipi en 1875. Au contraire, la même année fut marquée par un maximum de pullulation sur la côte de l'Atlantique.

En mai et en juin 1875, la grande presse des Etats-Unis de l'Est, consacrait chaque jour de longs articles pour décrire les dégâts causés par le Doryphore et la

consternation des populations rurales. Pris au dépourvu, les cultivateurs étaient demeurés impuissants pour enrayer la première génération du Doryphore et, à l'automne, d'énormes essaims d'insectes s'abattaient sur les grandes villes et sur les plages. Riley cite le témoignage suivant se rapportant à l'île de Coney-Island près de New-York : «Le 14 septembre, la plage était recouverte de Doryphores sur une étendue de plusieurs milles; les dunes et les monticules qui occupaient la majeure partie de l'île étaient entièrement recouverts sous leur masse vivante.»

Pendant les années qui suivirent, on signalait des navires qui devaient fermer leurs écoutilles devant les essaims s'abattant autour d'eux; ailleurs, sur les plages, les baigneurs se retiraient devant les Doryphores tombés en mer et remontant sur le sable; des trains étaient arrêtés, leurs locomotives patinant sur les insectes écrasés qui formaient des bandes de plus d'un kilomètre et demi de longueur.

Dernières étapes de la grande progression. — La grande progression toucha à sa fin vers 1880, la partie centrale et septentrionale de la vallée du Mississipi, la région des Grands Lacs, la vallée du Saint-Laurent, la côte de l'Atlantique de Québec à la Floride, étant alors envahies.

Au total la contamination de plus de la moitié du territoire des États-Unis (4 millions de kilomètres carrés) et des neuf dixièmes des champs de pommes de terre cultivés se fit en vingt années (1860-1880).

Progressions récentes. — L'amélioration des communications réalisée en ces vingt dernières années, les modifications mêmes des modes de transport (grand développement du trafic routier bien plus difficile à surveiller que le trafic par voie ferrée), la colonisation de régions jusqu'alors désertiques, permit au Doryphore de franchir récemment divers obstacles naturels devant lesquels l'invasion s'était heurtée pendant de nombreuses années. L'insecte apparaissait en 1914 dans l'État de l'Idaho, en 1917 dans celui de Washington et en 1920 en Colombie britannique; la Sierra Nevada offre encore une dernière barrière protégeant la Californie.

Mode de progression du Doryphore. — Le mode de transport du Doryphore reconnu le plus important en Amérique, fut le vol automnal. «Ainsi, écrit Riley, comme beaucoup d'insectes qui sont soumis à de grandes multiplications, bien que naturellement non migrateurs, souvent acquièrent l'habitude d'émigrer en essaims d'une région vers une autre, la tendance à la migration, a été en un temps, tout à fait marquée pour notre Doryphora au cours de sa marche vers l'Est. Cette tendance se rencontre surtout pour la dernière génération automnale et j'ai vu des insectes à l'automne, volant et voyageant en immenses armées sur le sol, tous instinctivement prenant la même direction, qui est certainement une particularité de toutes les migrations animales. Il y a peu de doute par conséquent, que les plus grands espaces ont été traversés par cet insecte en fin de la saison végétative.»

Tower également attribue une grande importance aux vols, surtout aux vols

automnaux, et remarque qu'après une saison de grande multiplication, fait suite, en général, une année de diffusion intense [1].

La dissémination par vols de printemps, sans être négligeable, est cependant de moindre importance (Chittenden, Tower); d'ailleurs «aussitôt que leurs plantes alimentaires sortent au-dessus du niveau du sol, les insectes parfaits cessent leurs habitudes de vols continuels». Les femelles voleraient plus aisément que les mâles, mais au printemps, alourdies par les œufs, elles vont moins loin qu'à l'automne (Tower).

Par un vent dont la vitesse oscillerait entre 10 et 12 kilomètres à l'heure, Tower vit les insectes parfaits, après des départs effectués en tous sens, abandonner rapidement les directions prises, et tous progresser dans le sens du vent, apparemment portés par les courants aériens. Les progressions atteignirent leur maximum de rapidité dans la direction des vents dominants d'automne (bords des Grands Lacs, dépression du Saint-Laurent, plaine s'étendant du Missouri au Wisconsin) et restèrent très faibles dans le sens contraire; ainsi dans la vallée du Mississipi, le Doryphore mit trente-deux années (1867-1900) pour descendre de Cairo Ill. à la Nouvelle-Orléans, villes distantes de 600 kilomètres (Tower).

Les véhicules humains servirent aussi bien des fois au transport d'insectes qui, venus se poser sur des objets les plus variés, restaient agrippés à leur surface pendant des journées entières; c'est à leur concours que l'on doit la récente traversée des Montagnes Rocheuses par le Doryphore (Chittenden).

Les cours d'eau jouent un rôle analogue surtout lorsqu'ils transportent des matériaux flottants. Un journal, *Le Saint-Joseph Herald*, rapporte que «quiconque s'est promené sur la rive du lac Michigan a dû voir sortir de l'eau en quantités considérables des Coléoptères de la pomme de terre et bien des gens se sont demandé d'où pouvaient venir ces insectes. Il paraît très certain qu'ils arrivent au vol et à la nage de l'ouest du lac Michigan; le capitaine Boyle, du Lizzie Doock, rapporte, en effet, qu'à mi-chemin entre Chicago et Saint-Joseph, il a trouvé son navire couvert d'insectes de la pomme de terre, alors qu'en quittant Chicago on n'en voyait pas un seul à bord».

Riley écrit aussi : «Nous avons vu le Doryphora traversant en 1870 le lac Erié sur des navires, des planches, des épaves quelconques, et la rivière de Détroit en être littéralement couverte.»

Quant au transport de l'insecte avec les tubercules, Riley le considère comme ayant eu un rôle insignifiant sinon nul : «Pour transporter des œufs ou des larves, il faudrait, écrit-il, déplacer des plantes vivantes, or cela ne se fait que très rarement en ce qui concerne les Solanées.»

La vitesse de progression et ses variations. — Au début, les colonnes avancées se déplaçaient à une vitesse de 80 kilomètres par an; aussitôt le Mississipi franchi,

[1] Quand un essaimage se produit dans une région, il n'y a pas départ de *tous* les insectes comme on l'avait cru un moment. Toujours certains individus restent sur place et assurent ainsi la perpétuation de l'espèce sur les champs qui furent envahis une fois (Riley).

la vitesse s'accrût et oscilla autour d'une moyenne de 180 kilomètres. La rapidité de progression fut proportionnelle à l'intensité de prolifération.

Obstacles s'opposant à la progression. — De larges étendues d'eau, comme le lac Michigan (150 kilomètres de largeur), n'arrêtèrent pas la progression du Doryphore. Les Monts Alléghanys furent franchis le long des passes suivies par les voies de circulation humaine et, en dépit de leurs forêts et de leur altitude moyenne atteignant 800 mètres, ils n'arrêtèrent pas l'insecte.

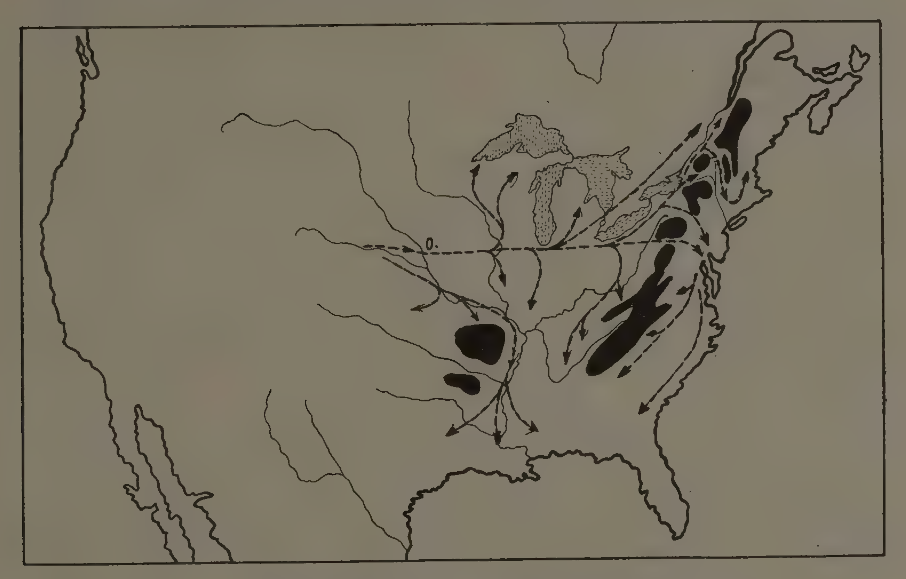


Fig. 3. — *Sens des déplacements effectués par le Doryphore et influence sur eux du réseau hydrographique.*
Les surfaces noires indiquent les massifs montagneux ayant plus de 500 mètres d'altitude et couverts de forêts. (Documents Tower remaniés.)

Un seul obstacle naturel apporta un arrêt pendant un temps dans la marche vers l'Ouest du Doryphore, c'est le massif montagneux, très large, continu et sans passes au-dessous de 2.000 mètres d'altitude, formé par la chaîne des Montagnes Rocheuses. Récemment il vient pourtant d'être en grande partie franchi, les progrès réalisés dans les transports humains ayant apporté à l'insecte un secours artificiel.

III. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DU DORYPHORE EN AMÉRIQUE DU NORD.

Bref historique des études. — La première note précisant les mœurs du Doryphore a été écrite par Riley. Elle parut en 1863 dans le *Prairie farmer.*

Deux années plus tard, Walsh apporte une nouvelle contribution et, à partir de cette époque, les études, encore peu détaillées il est vrai, se succèdent rapidement.

Certaines sont données par Shimer et Walsh dans le *Practical Entomologist*, mais les plus nombreuses sont écrites par Riley.

En 1876, soit seize ans après le début de l'invasion doryphorique, Riley regroupe toutes les connaissances acquises et les publie en une importante monographie *The Colorado Beetle*, qui. largement diffusée, rééditée et imprimée plusieurs fois en Europe offre un document fondamental dont la publication marque une date, et auquel on se reporte toujours avec un grand intérêt.

Les notes parues après le travail de Riley n'apportèrent pendant de nombreuses années aucun fait nouveau. Le fléau jugulé, l'intérêt qu'on lui témoignait s'affaiblit si bien qu'il ne garda longtemps qu'une place de second ordre dans les préoccupations des biologistes.

De nouvelles recherches reprirent vers 1900 et en 1906, Tower publia son travail bien connu sur l'évolution des *Leptinotarsa* en Amérique. En 1917, Chittenden refait une petite monographie sur l'espèce. Les recherches les plus récentes sont celles de Johnson et Bellinger portant sur la fécondité de l'insecte; de Fink concernant l'hivernation et de Mac Indoo se rapportant aux phénomènes d'attirance par les plantes.

Tout dernièrement une révision intéressante de nombreuses connaissances acquises avec apport de précieux documents sur le pouvoir prolifique naturel de l'espèce, a été réalisée par Gibson et ses collaborateurs du Service Entomologique canadien.

A. Particularités biologiques de l'espèce.

Les pontes et les œufs. — Presque toujours le Doryphore place ses pontes à la face inférieure des feuilles de pommes de terre; mais 5 p. 100 des pontes (surtout celles déposées là où les Solanées sont rares ou ont leurs feuilles détruites) se trouvent sur des plantes autres que les Solanées; parfois les œufs sont déposés à terre (Riley, Gibson).

La Tomate est l'une des Solanées cultivées recevant le plus rarement des œufs (Gibson).

Chaque ponte comprend en général de 20 à 30 œufs mais parfois le total s'élève beaucoup atteignant jusqu'à 129 unités.

En été, les pontes s'observent surtout sous les trois folioles terminant les feuilles composées de pommes de terre et principalement sur les feuilles les plus élevées. Au printemps, au contraire, elles sont localisées sur les feuilles traînant à terre (Gibson).

Une femelle, sortant au printemps, dépose en moyenne de 400 à 600 œufs, mais certains individus ont donné jusqu'à 1.301 et même 1.879 œufs (Ellis, Johnson et Ballinger). La fécondité diminue d'une génération à l'autre, ainsi, en génération d'été, le nombre des œufs dépasse rarement 500, et à l'automne (3e génération), la centaine (Johnson et Ballinger).

L'émission des œufs par les femelles s'échelonne normalement sur plusieurs semaines mais on a vu des individus pondre deux années de suite (Gibson).

Les œufs sont déposés surtout pendant les heures ensoleillées de la journée, à

une cadence de deux par minute. La femelle, après la première ponte, subit une période d'arrêt de 3 à 10 jours; puis reprend des pontes journalières et vers la fin de sa vie, pontes et périodes d'arrêt, alternent irrégulièrement.

Breitenbecher établit une relation entre l'abondance des pontes et l'état hygroscopique du milieu ambiant : l'émission des œufs est plus précoce lorsque les insectes sortent d'un sol humide et elle se montre particulièrement abondante dans les périodes de faible évaporation ce qui indique que les saisons légèrement pluvieuses et à atmosphère humide sont les plus favorables à une grande contamination des champs par le Doryphore. Shimer indique que les pontes abonderaient surtout lorsque la température est douce.

La durée de l'incubation des œufs oscille, selon la température de l'air, entre 5 et 15 jours. (L'embryogénie a fait l'objet d'études poussées par Weehler.)

Sur une ponte, il y a toujours certains œufs qui, stériles, n'éclosent pas. La proportion des œufs stériles est surtout élevée sur les pontes émises par des femelles âgées.

Le développement larvaire [1]. — Il se montre tout à fait semblable à celui décrit en Europe [2] : la larve présente quatre âges et les durées de la vie larvaire varient entre 15 et 22 jours comme en Europe.

La nymphose. — Les larves prêtes à la nymphose descendent en terre au milieu de la journée et s'enfouissent en très peu de temps surtout dans les sols meubles ou largement fissurés. La profondeur courante d'enfouissement des nymphes varie entre 1 centim. 5 et 9 centimètres; 8 centimètres est la profondeur la plus courante dans les sols légers. Dans le sable, certains individus s'enfoncent jusqu'à 18 centimètres de profondeur (Gibson).

Un repos de 3 à 5 jours précède la transformation nymphale proprement dite, laquelle dure de 13 à 15 jours au Canada (région d'Ottawa), 10 à 15 jours dans la vallée moyenne du Mississipi (État de l'Illinois) et seulement 6 à 10 jours dans les environs de Washington D. C.

L'insecte parfait [3]. — La longévité des insectes parfaits varie entre 1 à 13 mois (hiver compris) mais on cite le cas d'insectes dont le cycle s'étagea sur trois années. Habituellement l'appétit des insectes parfaits est considérable, et les pontes ne commencent qu'après une copieuse alimentation prise par les femelles.

[1] On trouvera des descriptions très détaillées de chaque stade larvaire dans le travail de Tower.

[2] J. Feytaud, *Loc. cit.*

[3] Il est utile pour toute étude que l'on voudrait poursuivre sur les modifications du Doryphore consécutives de son évolution en Europe de rappeler la diagnose du *L. decemlineata* donnée par Say :

«Yellow thorax litterated with black; elytra each with five black lines. Inhabits Missouri and Kansas; body yellow; head with a triangular, black frontal spot; thorax with two abbreviated black lines, divergent before; about six black dots on each side; elytra : sutures and

Marches et vols des insectes parfaits. — Les insectes parfaits ne restent pas stationnaires dans les champs : à la marche ils se déplacent fréquemment d'un pied de pommes de terre à l'autre (Gibson).

Les déplacements par vols, surtout par petits vols de quelques minutes, sont les plus importants ; c'est grâce à eux que les insectes sortant de l'hivernation trouvent au printemps les plantes nécessaires à leur alimentation.

Les vols de printemps, sont nombreux surtout avant la sortie des premières pousses de pommes de terre et se montrent d'autant plus importants que les plantations de Solanées sont peu nombreuses (Chittenden, Popenoe, Gibson).

Ils diminuent très largement dès que les feuilles de Solanées apparaissent (Tower).

L'insecte peut parcourir de longues distances au vol sans repos (Chittenden). Il se dirige rarement contre le vent, et, s'il débute ainsi, il change lentement de

fives black lines on each; the interior line is confluent with the suture behind; exterior line marginal; three intermediate ones joined or approximated at tip; beneath, incisures and three or four series of ventral spots black. Length two-fifths of an inch.»

Tower (1917) compléta utilement cette description comme suit :

«Insecte parfait. — Dessus : ovale, convexe et robuste; variable comme forme, dimension et couleur selon l'âge, la situation géographique et les conditions de croissance durant l'ontogénie.

«Tête, épicrane et pronotum jaune-brun, rarement rougeâtre dans les spécimens mûrs au point de vue sexuel, souvent rougeâtre chez les spécimens nouvellement éclos, avec décoration variable de taches noires. Épicrane plutôt uniformément ponctué, avec des fosses modérément développées, surtout nombreuses derrière les yeux; yeux noirs; pièces buccales jaune-brun, rarement noires. Mandibules noires; pointes des palpes noires; joint basal brunâtre, antennes avec les cinq ou six articles basilaires bruns, les six derniers élargis, aussi larges que longs, noirs, légèrement pubescents; dernier article court, conique, souvent presque caché. Pronotum plutôt grossièrement ponctué, souvent fortement taché sur les parties latérales et postérieures. Centre plus légèrement ponctué et pâle. A^1 et 2, toujours divergents et formant un V plus ou moins ouvert. Scutellum jaune-brun, doux et poli; bords foncés. Élytres dans les spécimens mûrs sexuellement, jaune pâle ou couleur de paille souvent plus jaune ou même jaune rouge, variables avec les localités, la nourriture et l'âge.

«Bordure anale noire, avec cinq lignes longitudinales; bords avec une double rangée régulière ou ponctuations modérées; seconde bande souvent réunie avec la troisième et celle-ci à son tour avec la quatrième bande postérieurement; intervalles non surélevés, pâlis, jaunes ou bruns. Ailes postérieures fortes bien développées, transparentes, rouges ou rouge brillant au centre, de jaune plus sombre ou brunes sur la région costale; variable à la base.

«Dessous : jaune-brun avec éléments caractéristiques toujours présents mais variables; souvent fusions abondantes. Surfaces thoracique et abdominale douces, polies, rarement faiblement ponctuées. Pattes, fémur et tibia, jaune brun ou rougeâtre, rarement articles noirs, brun noir ou noirs; fémurs polis, rarement et faiblement ponctués. Tibia avec quelques ponttuations irrégulières, variables et bien marquées.

«Dimensions : Femelles variables; mâles de 7 à 16, 5 millimètres de longueur; de 4,5 à 9 millimètres de largeur; femelles de 8 à 12,5 millimètres de longueur, 5,5 à 10,25 millimètres de largeur.

«Sexes : Femelles avec la sclérite sternal du dernier segment abdominal complètement rond; mâle avec quelques sclérites tronqués, à peine entaillés et rarement cannelés; femelle plus forte que le mâle, plus arrondie et plus large par derrière; mâle de forme allongée et souvent très petite.»

direction et est rapidement amené à suivre le sens des courants aériens. (Tower, voir détails p. 292).

A l'heure actuelle, au printemps, avant la sortie des pousses de pommes de terre, il est fréquent, en Amérique, de voir les Doryphores entraînés par les vents dominants s'abattre sur les plages bordant l'Océan Atlantique au point d'y constituer de vraies masses grouillantes (Popenoe).

D'après Smith : «Dès que les jours deviennent chauds au début d'avril les insectent sortent et pendant quelques jours passent la majeure partie de leur temps à voler. Nombreux sont ceux qui sont détruits à ce moment le long des côtes, des vols vers la mer les amenant finalement à tomber à l'eau. Il est courant de voir au début d'avril des milliers d'insectes morts garnir les sables le long des côtes de la Virginie.»

La seconde saison de grande intensité des vols est l'automne. Les vols automnaux ont une grande importance pour la dissémination de l'espèce (voir p. 291), mais rien ne permet de les qualifier d'«essaimage» à proprement parler. Ils ne semblent pas correspondre en effet au résultat d'un instinct poussant les insectes, à un moment déterminé de leur évolution, vers une migration obligatoire et dirigée. En réalité, ce serait surtout la pénurie d'aliments présentée par les champs de pommes de terre n'ayant plus de feuilles en automne qui amènerait les insectes à s'envoler. Les courants aériens viendraient ensuite concentrer en «nuées» des insectes partis isolément et sans direction déterminée.

Hivernation et réveil printanier du Doryphore. — Le Doryphore hiverne exclusivement à l'état d'insecte parfait.

Les insectes parfaits descendent en terre dès que les premiers froids de l'automne apparaissent (2e quinzaine de septembre près d'Ottawa). La profondeur moyenne d'enfouissement varie entre 18 et 25 centimètres mais atteint quelquefois 50 centimètres dans les sols meubles. Dans les terres graveleuses, la profondeur est moindre.

L'hivernation peut commencer avant les premiers froids; Johnson et Ballinger l'observèrent couramment sur des individus de première, deuxième et troisième génération, les premiers descendant en terre dès juillet. Cette précocité d'hivernation explique la raréfaction relative des insectes souvent observée en août et la faible étendue des dégâts d'automne remarquée en maintes régions, comme en Virginie par exemple (Popenoe).

Peu de temps avant l'hivernation, les insectes évacuent complètement les matières alimentaires ou les déchets contenus dans leur tube digestif (Tower, 1917) et subissent une déshydratation générale, laquelle aurait pour effet d'abaisser le point de congélation des liquides restant (Breitenberger); d'ailleurs la déshydratation se poursuit au cours de l'hivernation (Tower, 1917).

Certains individus hivernent deux années de suite (Tower).

Fink montra que la rapidité d'entrée en hivernation des insectes, dépendait, dans une certaine mesure, de la nature de l'alimentation prise. Les individus nourris avec des tubercules ou des fruits de pommes de terre, des fruits de tomate ou

d'aubergine, entraient en hivernation au bout de 13 jours, alors qu'il fallut compter un délai de 16 jours pour les Doryphores nourris avec des feuilles des mêmes plantes et 23 jours (alors mortalité de 55 p. 100 des individus) lorsque, après une alimentation de six jours faite avec des feuilles de *Solanum,* on donnait aux insectes des plantes n'appartenant pas à la famille des Solanées. Les individus exclusivement nourris avec des plantes autres que les Solanées n'hivernent pas et périssent par famine.

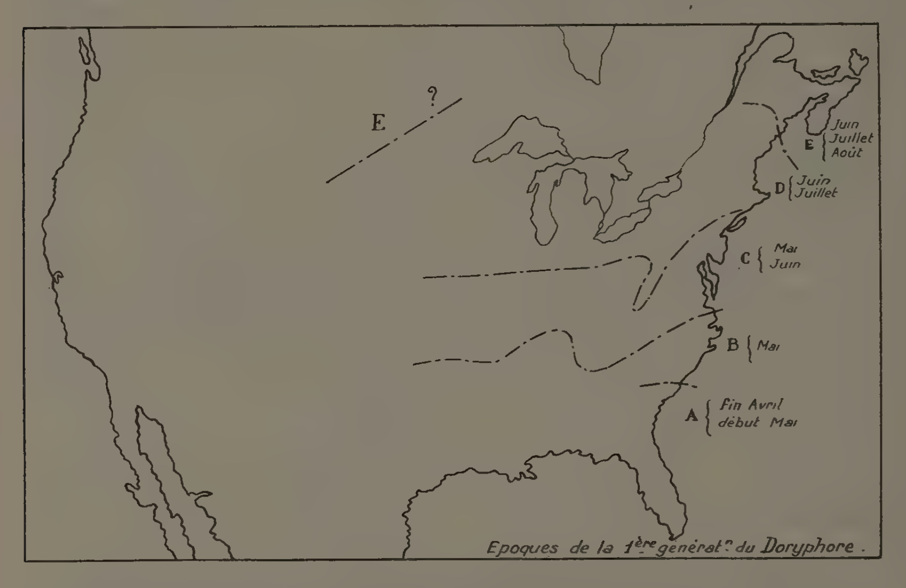


Fig. 4. — *Rapidité du cycle évolutif du Doryphore en première génération en fonction du climat.*
La première génération se présente en des mois différents suivant les latitudes et le cycle évolutif est d'autant plus court que l'on se trouve dans des régions à réchauffement plus rapide de l'air.

ZONES.	DURÉE DU CYCLE du DORYPHORE.	ÉPOQUE de la PREMIÈRE GÉNÉRATION.	TEMPÉRATURES MOYENNES à l'époque de la première génération.
A.	25 à 30 jours.	Fin avril–mai.	22 à 24°.
B.	30 à 35 jours.	Mai.	20 à 22°.
C.	30 à 40 jours.	Mai–juin.	20 à 22°.
D.	35 à 50 jours.	Juin–juillet.	18 à 20°.
E.	50 à 60 jours.	Juin–juillet–août.	16 à 18°.

Le réveil printanier des hivernants dépendrait à la fois d'un réchauffement progressif du sol faisant suite à un froid vif, et d'une grande humidification du sol (Tower). Tower en maintenant des insectes dans un sol artificiellement desséché et à une température assez élevée obtint des repos de plus de 20 mois consécutifs.

Au Canada, selon Gibson, les insectes sortent dès que la température du sol s'élève. Comme l'échauffement du sol est progressif en profondeur, les individus engourdis plus ou moins profondément voient leurs sorties s'étager sur deux à trois semaines. En cas de chute de température les insectes rentrent en terre (Gibson) [1].

Aussitôt leur sortie du sol, les insectes recherchent avidemment de l'eau et en absorbent d'importantes quantités (Gibson). L'acte paraît être en rapport avec la nécessité de rétablir la teneur aqueuse du corps qui s'est trouvée abaissée au cours de l'hivernation. Une consommation préalable en eau, semble conditionner chez l'insecte sortant au printemps toute possibilité d'ingestion d'aliments solides.

Il y a un certain synchronisme entre les époques de sortie des insectes et les dates des plantations de pommes de terre puis de sortie des pousses de la plante hors de terre, mais, plus on se rapproche de régions méridionales, plus le départ de la végétation est en avance sur l'époque de sortie du Doryphore. Insecte et plante-hôte ne réagissent pas pareillement aux élévations de température ainsi que le montre le tableau suivant :

RÉGIONS.	ÉPOQUES HABITUELLES DE PLANTATION de pommes de terre. (b)	ÉPOQUES HABITUELLES DES GRANDES SORTIES des Doryphores. (c)	DIFFÉRENCES ENTRE (b) et (c). (d)
Nouvelle-Écosse	—	Début de juin.	—
Maine et Vermont	Milieu de mai à fin juin.	Milieu de mai.	15 jours.
Province de Québec. — Ontario et Manitoba	Milieu de mai.	Fin mai.	15 jours.
Nord de la vallée du Missisipi et région de New-York	Avril.	Milieu de mai.	15 jours.
Vallée moyenne du Missisipi. Région de Washington D. C.	Mars.	Début de mai.	1 mois 1/2.
Virginie	Février.	Début d'avril.	1 mois 1/2.
Basse vallée du Missisipi	Début de février.	Milieu de mars.	1 mois 1/2.

Variations de comportement présentées par les insectes parfaits. — Selon Breitenbecher, les tropismes du Doryphore sont partiellement régis par les pertes d'eau subies par l'organisme, lesquelles dépendent de l'intensité de l'évaporation ambiante.

En milieu humide et à une température dépassant 15°, les insectes parfaits ont un phototropisme positif et un géotropisme négatif, aussi bien lorsqu'ils se trouvent dans le sol ou à l'air libre.

Au-dessous de 15°, et en milieu très sec, les tropismes sont renversés.

L'insecte absorbe très peu d'eau au-dessous de 12°; moins il a absorbé d'eau et mieux il résiste à une température élevée. Avec une grande richesse en eau de leur

[1] Gibson indique 22 degrés comme température du sol au moment des principales sorties de terre d'insectes parfaits, et 18 degrés comme température à partir de laquelle les insectes se cachent sous terre. Ces températures nous paraissent très élevées aussi nous ne les citons qu'avec réserve.

corps, les insectes meurent entre 58 et 60°, mais en phase de dessication, la mort se produit à une température de 1 à 5° plus élevée.

On voit le Doryphore introduit dans les régions arides, modifier son comportement dans un sens le rapprochant du comportement des organismes accoutumés depuis longtemps à la vie en milieu désertique (Breitenbecher).

Durée des cycles évolutifs et nombre annuel de générations. — La durée des cycles évolutifs varie selon la température, aussi diffère-t-elle avec les latitudes et avec les générations.

Le tableau ci-après résume les observations de Johnson (environs de Washington D. C.), de Girault (Géorgie) et de Gibson (Canada).

	GÉORGIE.	WASHINGTON D. C.	CANADA (OTTAWA).	NOUVEAU BRUNSWICK.
1re génération	26 jours.	30 à 37 jours.	42 jours,	60 jours.
2e —		32 à 41 jours.	47 jours.	—
3e —		27 à 35 jours.	—	—

Selon Criddle, à latitude égale, les cycles se trouvent allongés dans les régions dites de «Prairies».

Quant au nombre annuel de générations, les études récentes confirment les premières observations de Riley indiquant que le Doryphore a le plus souvent deux générations annuelles, mais que dans les Etats du sud des États-Unis, une troisième et même une quatrième génération apparaissent.

En classant les régions suivant le nombre annuel de générations normalement présenté par le Doryphore, on obtient le tableau suivant :

1 génération annuelle :

- Montana;
- Nouveau Brunswick (1);
- Nouvelle-Écosse.

2 générations annuelles :

- Provinces d'Ontario et Québec;
- Vallée moyenne et supérieure du Missisipi, Nebraska;
- Région des grands Lacs;
- Côte Atlantique de Washington à Boston (2).

(1) Sous les climats marins, il y a en général un ralentissement marqué de la vitesse d'évolution des insectes.

(2) Certaines années la seconde génération ne s'achève pas.

3 générations annuelles (et parfois 4) :

Basse vallée du Mississipi;

Côte Atlantique au sud de Washington D. C.[1].

Les nombres de générations ne sont pas absolument constants pour une région: sur les emplacements où généralement il y a deux générations, une troisième partielle peut exceptionnellement se former les années très chaudes. Le phénomène fut observé dans le Minnesota et le New-Jersey (Lugger, Smith).



Fig. 5. — *Nombre annuel des générations du Doryphore et ses rapports avec le climat.*
(Limites prises avec les isothermes représentant les moyennes des mois de juillet, août, et septembre; A : région à printemps tardifs).

La vie, très longue, des insectes parfaits (elle dure parfois deux années) et l'échelonnement des pontes conduisent à un chevauchement très marqué des générations : en automne on trouve simultanément dans les champs des insectes de tous stades.

Il semble que les troisième et quatrième générations correspondent à des développements exceptionnels ou anormaux : la fécondité des insectes devient faible à l'automne et souvent, les larves prises par les premiers froids, meurent avant d'avoir achevé leur développement.

Noter aussi que dans la majorité des cas, les insectes de la deuxième génération ne donnent aucune ponte en août et commencent l'engourdissement estivo-hivernal dès cette époque, même dans les régions méridionales et les années à automne doux.

Selon Tower, le nombre de deux, pour les générations annuelles normales, serait

[1] Souvent la troisième génération reste partielle.

un caractère générique très constant chez les *Leptinotarsa*. « Il n'est pas rare, écrit Tower, de trouver une troisième, mais faible éclosion d'insectes, spécialement dans le Sud et les années favorables en d'autres places; ceci est dû au fait que dans la nature, les hivernants peuvent vivre et se rapprocher avec les individus de la seconde génération d'été, formant des hybrides entre deux générations ayant des potentialités différentes. La progéniture issue de ces accouplements souvent nombreux et forts, se comporte d'une manière très curieuse et variable, de telle sorte que dans la nature, deux, trois et même quatre générations sont parfois rencontrées. Quand cependant, des matériaux provenant de différentes régions sont analysés en détail, il est trouvé que partout, à la fois, au Nord et au Sud, il n'y a que deux générations annuelles comme pour les autres espèces appartenant à cette division. »

Chittenden, de son côté, pense que la présence d'une troisième génération, au moins partielle, est un caractère secondaire, mais maintenant acquis par les insectes vivant dans les régions méridionales.

Quantité d'aliments ingérés par un insecte au cours de sa vie. — Si les larves et les insectes parfaits se montrent également très voraces, les insectes parfaits en raison de la durée de leur vie atteignant une valeur double de celle présentée par les larves, consomment fréquemment au total deux fois plus d'aliments que celles-ci.

Les femelles s'alimentent près de deux fois plus que les mâles et opèrent surtout la nuit (Gibson).

Des observations détaillées ont montré que dix larves, pour leur développement qui dure couramment une quinzaine de jours, consomment au total et toutes ensemble, près de 400 centimètres carrés de feuilles de pommes de terre, soit 65 folioles ou 8 grammes. Les dix insectes parfaits correspondants, pendant le mois que dure leur vie active, dévorent de leur côté 2.000 centimètres carrés de feuilles, soit 325 folioles ou 40 grammes (Gibson).

Donc, au cours de leur évolution totale, dix insectes peuvent être considérés comme détruisant en moyenne 400 folioles (50 gr.), soit près de 60 feuilles complètes de pommes de terre. 200 individus seulement exigent, pour leur développement 1 kilogramme de feuillage : la capacité destructive du Doryphore apparaît ainsi comme énorme (Gibson).

Plantes alimentaires prises par le Doryphore en Amérique du Nord. — Le Doryphore, comme toutes les espèces du genre *Leptinotarsa*, n'attaque normalement que des plantes appartenant à la famille des Solanées.

Les plantes-hôtes principales sont restées pendant longtemps les *Solanum cornutum* et *S. rostratum*[1], mais depuis 1860, la pomme de terre (*S. tuberosum*) a pris le premier rang parmi les plantes hôtes, bien qu'en montagne les deux premières espèces semblent lui être encore préférées (Riley).

[1] Ces deux plantes sont botaniquement très voisines, et certains auteurs les considèrent même comme identiques.

Les insectes parfaits attaquent très fréquemment les tomates et, certaines années, dans les régions chaudes, causent de graves préjudices aux cultures de ces plantes. Les ravages sont particulièrement intenses dans les champs avoisinant des pommes de terre ravagées, sans doute en raison de migrations d'insectes affamés (Gibson, Watson, Ward et Chittenden).

Le Doryphore se rencontrerait parfois en abondance sur certaines Solanées, cultivées ou sauvages, telles que *S. melongena* (Aubergine), *S. nigrum, Datura stramonium, Hyosciamus nigrum* (Jusquiame noire) [Riley, Gibson, Gillman]. Malheureusement, les relevés donnés ne précisent pas si l'on a observé l'insecte poursuivant un cycle évolutif complet sur ces plantes, ou s'il ne s'agissait que des morsures faites par des individus âgés (grosses larves ou insectes parfaits) vagabonds et affamés, circulant de plantes en plantes.

Les Solanées citées comme étant occasionnellement l'objet d'attaques, mais pour lesquelles nous demeurions très peu fixés sur la nature de celles-ci avant les recherches faites en France, sont les suivantes : *Physalis alkekangi, Atropa belladona, Petunia sp., Nicotania* divers, *S. dulcamara, Nicandra physaloïdes, S. triflorum, S. Warscenvizii, S. robustum, S. discolor, S. Sieglingii, S. Carolinense,* Piments (Riley, Gibson).

Si les tabacs se placent parmi les plantes-hôtes occasionnelles de l'insecte, pratiquement leur culture ne subit aucun ravage.

Parmi toutes les plantes dévorées par le Doryphore, les plus grandes attaques se produisent sur celles appartenant au genre *Solanum.* Même, selon Chittenden, dans ce genre, le maximum d'attaque est atteint avec le *S. tuberosum,* et une telle préférence de l'insecte proviendrait d'une succulence particulière et du faible goût acide de la plante [1]. Cette remarque semble pourtant comporter des exceptions puisque, sur les confins de l'aire de distribution géographique du Doryphore, on signale que la pomme de terre est en partie délaissée pour d'autres végétaux tels que *S. carolinense* dans la basse vallée du Mississipi (Riley), *S. rostratum* dans les montagnes (Riley) et *S. triflorum* dans les plaines du Montana (Cooley et Whitehouse), mais sur la première remarque nous n'avons pas de confirmation récente.

Les piments, lorsqu'ils sont dévorés avidement, empoisonnent les Doryphores (observation de Le Baron rapportée par Riley).

Longtemps on supposa que le Doryphore exigeait exclusivement des Solanées pour son alimentation. A l'heure actuelle, il est prouvé que l'insecte, surtout sous sa forme parfaite, attaque des plantes d'autres familles. Pourtant, si de petites plages sont découpées sur les feuilles de ces plantes, il ne semble pas qu'il y ait jamais eu d'observation indiquant des évolutions complètes de l'insecte sur elles ; de telles attaques, que l'on peut qualifier d'anormales, se produisent lorsque les Solanées viennent à manquer dans une région soit par suite de la destruction

[1] Fink fait remarquer que sur les pommes de terre, ce seraient les feuilles qui offriraient la plus grande valeur alimentaire car leur ingestion provoque l'absorption la plus élevée d'oxygène chez les insectes. Après elles se placeraient les tubercules puis les fruits.

de champs de pommes de terre par les insectes, soit par suite d'un retard de la végétation ou d'une gelée de printemps ayant détruit les jeunes feuilles.

Les plantes non Solanées signalées comme susceptibles d'attaques (probablement de morsures seulement) sont les suivantes : *Cirsium* et *Chenopodium* (Gibson, Gillman), Avoines, Choux, *Amaranthus, Sisymbrium, Polygonum, Eupatorium, Verbascum, Rubus* (Riley, Gibson, Chittenden).

Fink montra qu'une alimentation prise sur des plantes non Solanées amène chez l'insecte une grande réduction de la consommation en oxygène, c'est-à-dire une vraie « consommation de famine ».

Intensités des attaques effectuées sur diverses variétés de pommes de terre. — Aucune variété cultivée en Amérique du Nord n'apparaît comme étant douée d'une immunité effective en ce qui concerne les attaques du Doryphore, mais de sensibles différences apparaissent entre certaines d'entre elles en ce qui concerne les intensités des attaques subies.

Selon Saunders et Reed, les variétés *Early-Rose, Peach-Blow, Peerlers* et *Chili n° 2* sont moins atteintes que les variétés *Mesham-Rock, Mercer, Shaker-Russet, Pink-eye* et *Early-Goodrich.*

Riley remarque aussi, que en plantations faites côte à côte, les formes à feuilles tendres comme : *Meshamrock, Shaker-Russet, Pink-eye* et *Goodrich* sont moins attaquées que les formes *Early-Rose* et *Peach-Blow.*

En fait, il semblerait que les différences observées quant au degré des attaques, soient surtout en rapport avec des différences dans les époques de végétation des variétés étudiées, car, en inversant les dates de plantation, on inverse les degrés des attaques (Batchelder). Les variétés les plus précoces subissent, en général, les dommages les plus graves et les variétés tardives plantées au voisinage des premières échappent alors aux atteintes de l'insecte (Popenoe). Les premières drainent les Doryphores sortant de terre au printemps et reçoivent ainsi la majorité des pontes; de plus, en août, de nombreux insectes entrent déjà en engourdissement sous terre, le peuplement automnal des champs devient faible, ce qui permet aux variétés tardives d'échapper encore à de grosses attaques. Ces remarques nous sont confirmées par Rohwer.

Dans certains centres des États de la Virginie et de la Louisiane caractérisés par des productions exclusives de pommes de terre de primeurs, l'attention des agriculteurs vis-à-vis du Doryphore semble être assez réduite. En effet, en ces régions, faute de plantes alimentaires abondantes pour leur évolution estivale, les insectes pullulent peu. De plus, au printemps, la végétation est très en avance sur l'apparition des insectes parfaits, ce qui fait que ceux-ci n'occasionnent pas de gros dégâts et que les plantes se montrent très développées lorsque les larves apparaissent. (Voir aussi p. 312).

Composés des plantes amenant le Doryphore à se concentrer sur les Solanées. — Mac Indoo imagina un appareil ingénieux (Olfactomètre) pour étudier les composés chimiques des plantes susceptibles d'avoir des effets sur la direction des Doryphores

et d'amener la concentration des individus sur des espèces végétales déterminées, en particulier sur la pomme de terre.

L'appareil employé est un tube de verre présentant une extrémité bifide lui donnant la forme d'un Y. L'une des branches de la fourche reçoit, grâce à un aspirateur, les vapeurs émanant des composés à étudier (surtout des extraits aqueux) et la seconde est parcourue par de l'air ordinaire servant de témoin. De jeunes insectes parfaits étaient libérés dans la tige principale du tube et quand ils arrivaient à la fourche, la direction qu'ils prenaient devait indiquer l'attraction exercée par les extraits si celle-ci existait.

Pratiquement, aucune conclusion précise ne ressort de ces essais qui semblent avoir été abandonnés très rapidement; il n'y a pas eu d'orientation marquée de l'insecte vers le tube contenant les composés gazeux expérimentés.

A propos d'une sorte d'« attirance » des insectes par les plantes, Gibson signale que, lors des contaminations printanières, les grandes plantations de pommes de terre auraient un « pouvoir attractif » supérieur à celui des petites. La concentration des œufs portant surtout sur les plantes ayant un grand développement appuie cette hypothèse.

Au sujet d'une attirance des insectes par les plantes pendant le vol, les conclusions restent incertaines. Ainsi, Gibson rapporte que des Doryphores viennent très bien au vol s'abattre sur des îlots de cultures de pommes de terre situés en pleine forêt, à plus de 20 et même 30 kilomètres de tout champ cultivé. Mais Popenoe et Smith (voir p. 297) constatent en Viginie que, lors des vols du printemps, les insectes se concentrent en grandes masses sur les plages littorales, lesquelles sont entièrement dépourvues de Solanées (dans ce cas, la force de l'entraînement par le vent peut être suffisante pour annuler une attirance exercée par des plantes).

Abondance courante des Doryphores dans les champs. — Cette abondance, en dehors de toute influence des traitements varie avec les lieux, les années, l'environnement et les modalités de culture des pommes de terre (voir p. 309).

Comme élément de base, on peut prendre pourtant certains chiffres établis par Gibson au Canada dans les environs d'Ottawa et se rapportant à des cultures courantes.

En juin, cet observateur nota sur les champs une concentration naturelle de près de 30.000 insectes parfaits à l'hectare. En juillet, on ne trouve plus dans les champs non complètement dévorés et non traités que 6.000 insectes à l'hectare, mais en août, après les nouvelles sorties d'insectes, il y a jusqu'à 2 millions d'individus à l'hectare, soit une moyenne de 60 individus par touffe. Sur les pommes de terre tardives, l'intensité de la contamination est moindre, si bien qu'en fin d'août, il y a seulement 100.000 individus à l'hectare.

Les comptages de larves rapportés par Gibson donnent les chiffres suivants :

Milieu juin : 300.000 larves à l'hectare (10 larves par touffe);
Fin juin : 600.000 larves à l'hectare (20 larves par touffe);
Juillet : (décroissance);
Août : 600.000 larves à l'hectare (20 larves par touffe).

En réalité, le nombre de larves développées sur un pied au printemps n'est pas fourni exactement par ces chiffres, car les pontes étant très échelonnées, toutes les larves ayant vécu sur une plante ne peuvent être dénombrées au cours d'un même comptage.

Gibson complète ces données en étudiant non plus la distribution naturelle des insectes, mais les sorties s'effectuant sur une surface de terrain déterminée. Il nota ainsi que, après un développement naturel de larves dans un champ au printemps, il sort de terre entre le 1[er] et le 27 août (c'est-à-dire pendant trois semaines) jusqu'à 2.100.000 individus sur un hectare. Certains jours, la cadence

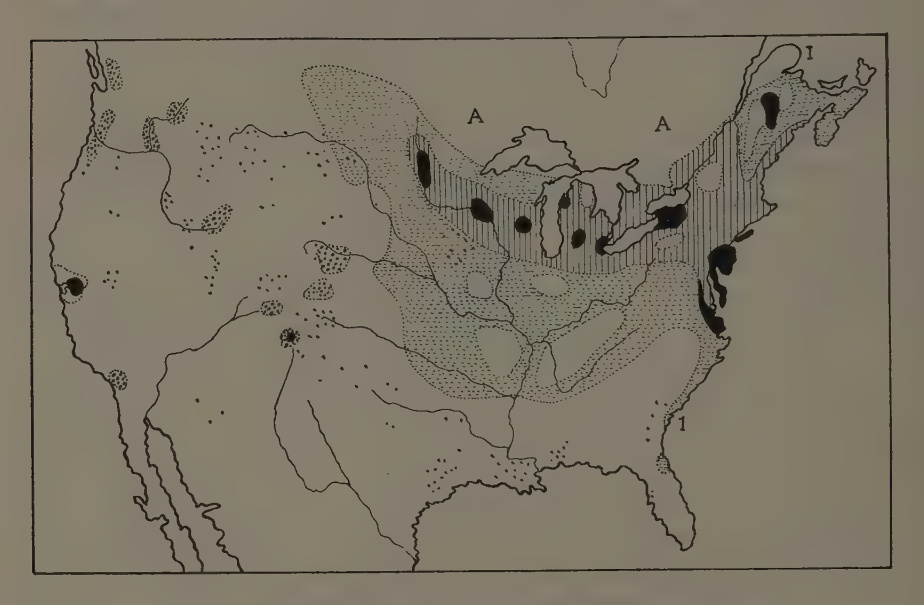
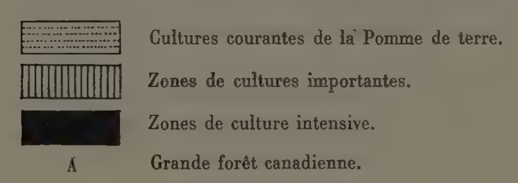


Fig. 6. — *Distribution des cultures de Pommes de terre en Amérique du Nord.*



des sorties de terre fut de 100.000 individus à l'hectare, soit 10 au mètre carré ou 3 par touffe de pomme de terre.

En ce qui concerne l'abondance des pontes, on ne peut citer de chiffres, mais seulement la remarque que les pontes sont surtout abondantes lorsque le temps est doux et assez humide (voir p. 309); les excès de sécheresse et d'humidité diminuent le nombre des œufs déposés.

B. Exigences écologiques du doryphore et éléments du milieu limitant ou arrêtant la multiplication naturelle de l'espèce.

Influence de l'altitude et de la configuration du terrain. — L'habitat originel du Doryphore est situé entre 800 et 1.200 mètres d'altitude et comprend des «terrains découverts, jamais le pied des montagnes ni les aires boisées» (Tower).



Fig. 7. — *La culture de la Pomme de terre dans ses rapports avec le climat.*

I, isotherme de 10° en mars et 26° en juillet; au sud de cette ligne plus de 80 p. 100 des cultures se font en primeurs, les plantations ayant lieu en fin janvier début mars, et les récoltes de la fin avril à mai. Au nord, les cultures des Pommes de terre se font en majorité en été. (Les zones de production importante sont situées entre les isothermes moyens des mois d'été [juin, juillet, août] 15° et 21°. La période évolutive des plantes varie entre 105 et 120 jours en A et 120 à 180 jours en B.

La ligne II limite à l'ouest les régions ayant plus de 35 centimètres de pluies en été. Elle correspond sensiblement à l'altitude 700 mètres sauf au nord où cette altitude se trouve légèrement reportée à l'ouest (II *bis*).

A l'ouest de la ligne III la pluviosité atteint à nouveau 35 millimètres. Les cultures comprises entre II et III sont presque toujours réalisées en terres irriguées.

Mais les degrés de pullulation présentés varient beaucoup selon la nature des sols. Le degré maximum est atteint dans les sols sablonneux avec lesquels il y a les moindres pourcentages de mortalité parmi les stades souterrains et qui offrent les aliments les plus abondants en raison du grand développement qu'ils permettent aux cultures de la pomme de terre. Le degré minimum se trouve

dans les sols argileux, desséchés ou très humides qui sont défavorables, d'abord à la descente des larves en terre, ensuite à la sortie des insectes parfaits.

En outre, l'insecte ne cause que peu de dégâts dans les régions où les cultures de Pommes de terre sont abondamment irriguées en été, régions qui sont fréquentes dans les états suivants : Utah, Arizona, South Dakota (partie méridionale); Wyoming, Nevada, Idaho, Texas. Mais il y a peut-être en ces régions une influence concomitante sur l'insecte de l'altitude et de la grande sécheresse estivale de l'air.

Influence de la nature et de l'humidité du sol. — Selon TOWER, l'espèce *L. decemlineata* est remarquable par son aptitude à une évolution dans des régions variées, c'est-à-dire dans des régions «à sol sec, à sol humide ou à sol sablonneux», et dans des terrains divers, comme «l'argile ou les alluvions riches».

Les récentes migrations qu'elle fit ont amené l'espèce à s'élever en altitude, sans toutefois dépasser souvent le niveau de 1.500 mètres pour des latitudes comprises entre le 30e et le 40e parallèle. Dès le début des études faites sur le Doryphore, RILEY signalait qu'en montagne, l'espèce ne formait plus, au-dessus de 1.000 mètres, que de petites colonies localisées surtout sur les Solanées sauvages.

Les cultures de pommes de terre s'élèvent actuellement dans certaines vallées de l'État du Colorado jusqu'à l'altitude de 2.200 mètres. Elles y subissent peu de ravages de la part de l'insecte, sinon aucun, mais les causes de cette immunité ne paraissent pas avoir été identifiées en dehors des premières remarques apportées par RILEY. Dans l'ouest du Nebraska où se trouvent d'importantes cultures de pommes de terre, normalement l'insecte demeure rare alors que l'inverse se produit pour les plaines situées à l'est du 37e méridien (SWENK).

Cet auteur a signalé qu'au-dessus de 1.800 mètres, l'atmosphère sèche et raréfiée, les nuits «froides amènent un dessèchement des œufs et des rares larves arrivant à éclore».

D'après les cartes d'invasion, les altitudes maximum correspondant au développement du Doryphore dans les cultures, seraient de 2.000 mètres sous les latitudes les plus méridionales (30°) et de 1.700 mètres sous les plus septentrionales (40°).

La limite inférieure en altitude est fournie par le niveau de la mer, aussi bien en Louisiane qu'au Canada. Même, selon TOWER, aux basses altitudes, le Doryphore vit indifféremment en plaine et sur les pentes des collines.

Influence de la température [1]. — Cette influence n'a pas été systématiquement étudiée, mais on peut la déterminer en partie par l'étude des cartes d'invasion.

L'habitat primitif du Doryphore est une région caractérisée par les moyennes

[1] La documentation concernant les caractères du climat dans les différentes régions de l'Amérique a été extraite de brochures du Ministère de l'Agriculture américain et de l'ouvrage intitulé : *The World Almanach* (New-York, 1928).

thermiques extrêmes de 0° (en janvier) et de 20° (en juillet), mais actuellement l'insecte vit sous des climats bien différents et va jusqu'aux extrêmes suivants :

ÉTATS.	TEMPÉRATURES EN HIVER		TEMPÉRATURES EN ÉTÉ	
	MOYENNE de janvier.	EXTRÊMES.	MOYENNE de juillet.	EXTRÊMES.
Montana	— 7	— 40	+ 20	+ 40
Maine	— 5		+ 20	
Floride (Jacksonville)	+ 13		+ 26	
Louisiane (Nouvelle-Orléans)	+ 12		+ 27	

Les froids rigoureux de l'hiver contribuent beaucoup à réduire le pullulement de l'insecte dans des régions à faibles chutes de neige. Aussi, dans les États du Montana et du Manitoba, le Doryphore resterait le plus souvent un insecte indifférent en partie par suite de la rareté des individus au sortir de l'hiver, 90 p. 100 des hivernants ayant été tués par la congélation profonde du sol. Dans les plaines du Nord-Ouest, s'il y a absence de neige pendant plusieurs années de suite, il peut même y avoir une disparition temporaire de l'espèce (Criddle).

Un froid vif, apparaissant très précocement à l'automne, avant l'enfouissement profond des insectes dans le sol, agit dans le même sens.

Par contre, la présence d'une grosse couche de neige sur le sol, comme cela se présente dans la province de Québec, permet une excellente hivernation des Doryphores en dépit du froid.

La chaleur arrête aussi la pullulation naturelle du Doryphore. Elle agirait d'une part en desséchant le sol, les transformations de l'insecte se faisant mal dans un sol brûlant, d'autre part en tuant des insectes directement sur les plantes (Riley). Chittenden rapporte même que pendant l'été 1896, été très chaud aux environs de Washington D. C., les œufs et les larves du Doryphore étaient littéralement «cuits» sur les plantes, si bien qu'il en résulta une disparition temporaire de l'espèce. Pour cet auteur, la température de 38° C., serait critique pour des larves exposées au soleil.

En considérant l'aire de distribution géographique du Doryphore, on voit que ses limites coïncident à peu près au nord avec l'isotherme annuel de 0° et au sud, avec celui de 20° C. Les régions de plus grande abondance des insectes se caractérisent par des moyennes thermiques de — 7° à — 2° C. en janvier et de + 18° à + 22° en juillet. Sous de telles conditions thermiques, le Doryphore offrirait sa fécondité maximum (Schimer) et rencontrerait les plus importantes cultures de pommes de terre puisque cette plante a sensiblement le même optimum de température que lui (température moyenne annuelle comprise entre 5° et 7°; moyenne de juillet avoisinant 21°, selon Stuart[1]).

[1] Stuart. — The Potato (Philadelphie, 1923).

Influence des pluies et de l'humidité atmosphérique. — Dans son habitat primitif, habitat formé de savanes, le Doryphore se trouvait dans une zone de faible pluviosité (30 à 60 centimètres de pluie annuellement), de pluies estivales et réparties sur un très petit nombre de jours (seulement 20 p. 100 de jours pluvieux par an). Actuellement, on le voit évoluer dans des régions à caractères climatiques tout autres mais ne dépassant pas toutefois certaines limites.

Les régions de pluies minima correspondent aux plateaux des États de l'Utah, du Colorado, de l'Idaho et du Nebraska, plateaux sur lesquels les hauteurs de pluies oscillent entre 20 et 60 centimètres annuellement; l'insecte en ces régions reste, comme dans son habitat primitif, assez disséminé. On le rencontre encore, mais il est rare, en Arizona (Morrill), c'est-à-dire dans des régions présentant moins de 20 p. 100 de jours pluvieux annuellement et moins de 20 centimètres de hauteur de pluie.

Les maxima de pluie rencontrés sur la zone d'invasion du Doryphore se trouvent dans le nord de la Floride, en Louisiane, en Géorgie et en Virginie, régions où l'insecte n'est d'ailleurs pas très abondant. Ils correspondent à des chutes d'eau de 150 à 190 centimètres, réparties sur 30 p. 100 des jours de l'année. Dans le Canada oriental, le Doryphore existe encore, toujours peu nuisible, dans une zone de brouillards, caractérisée par 40 p. 100 de jours pluvieux (les températures d'été, peu élevées, ralentissent également la vitesse de prolifération de l'insecte).

Quant aux zones de pullulement maximum de l'insecte, elles se caractérisent par des précipitations annuelles comprises entre 60 et 150 centimètres, et une proportion de jours pluvieux oscillant entre 20 et 35 p. 100.

En examinant la distribution des pluies dans l'année, on trouve, sur l'aire d'invasion du Doryphore, les types les plus variés : pluies très régulières au cours de l'année (Côte Atlantique, Louisiane), pluies surtout estivales et venant sous forme de gros orages espacés (Vallée du Mississipi), pluies estivales et hivernales avec sécheresse au printemps (Géorgie), pluies faibles et uniquement estivales (Nouveau-Texas, Colorado, Montana). Un caractère est commun à toutes ces régions, la présence de précipitations estivales.

Le degré hygrométrique de l'air oscille autour de 72° dans la zone de pullulement du Doryphore avoisinant les grands lacs (69° en hiver, 75° fin d'été) et dans les plaines du Wisconsin. Les variantes les plus grandes pour ces zones sont 80° en hiver, 65° en eté.

En zone marginale d'invasion, on trouve des variations du degré hygrométrique de l'air parfois plus accentuées. Ainsi on a :

Salt Lake City (Utah)......................	été	35°	hiver	72°
Helena (Montana)	été	45°	hiver	70°
Denver (Colorado)	été	50°	hiver	54°
Sante Fe (N. Mexique)	août	50°	mai	38°
Nouvelle-Orléans (Louisiane)	août	78°	mai	78°

Selon Breitemberger, au-dessous de 26 p. 100 d'humidité atmosphérique, le Doryphore ne se reproduirait plus. En périodes de grande sécheresse, les insectes parfaits s'enfouiraient même dans le sol.

Le Doryphore, engourdi sous l'influence d'une sécheresse progressive présente une grande résistance à la dessication. D'après Robinson [1], les insectes parfaits peuvent perdre, sans périr, 50 p. 100 de leurs poids par dessication, alors que la teneur normale en eau de leur corps varie entre 60 et 62 p. 100. Tower a vu l'espèce s'adapter expérimentalement à la vie dans des régions désertiques (voir

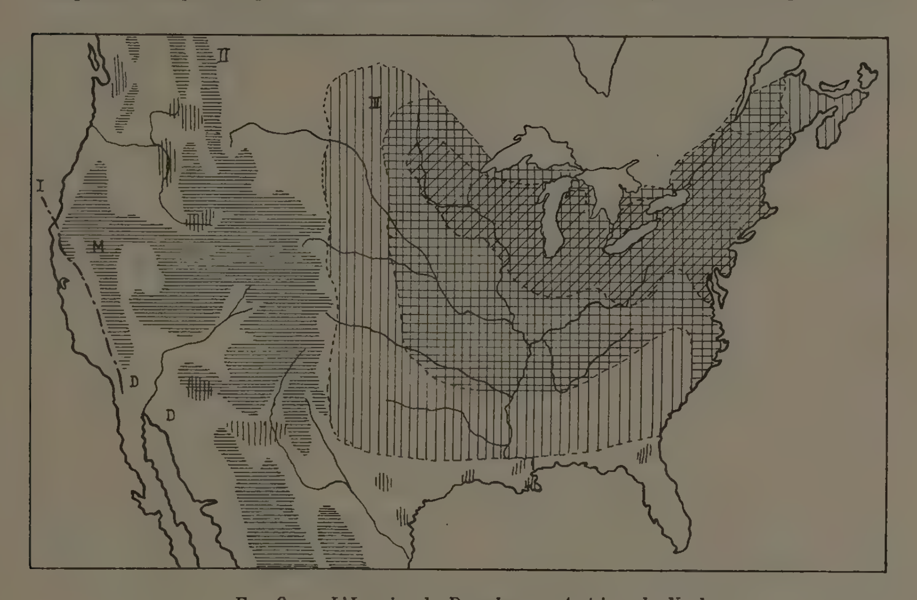


Fig. 8. — *L'Invasion du Doryphore en Amérique du Nord.*

Zones occupées par le Doryphore.

Zones de dommages importants causés par l'insecte.

Zones de dommages intenses.

Les deux dernières zones concordent sensiblement avec l'aire des cultures les plus importantes des Pommes de terre d'été.

Les hachures horizontales indiquent les territoires situés à une altitude dépassant 1.800 mètres (II).

A l'ouest de la ligne I, le climat semble être favorable à la vie de l'insecte, mais l'espèce n'a pas encore été introduite; sa progression naturelle a été arrêtée dans ce sens par les montagnes M (Sierra Nevada) et par la zone désertique D (basse vallée du Colorado). La ligne III concorde avec l'altitude 700 mètres au sud et 500 mètres au nord.

p. 288), vie qu'elle ne présente pas naturellement. L'adaptation réalisée nécessite un entraînement progressif du corps de l'insecte à une rétention d'eau réalisée

[1] Robinson (W.). — Water conservation in Insects (*Jal. Econ. Entom.*, 1928).

avant les périodes d'engourdissement; une telle accoutumance progressive aurait été obtenue par Tower en six générations et dans des élevages conduits en milieu sec.

En conclusion, l'étude de la distribution géographique du Doryphore montre que l'insecte peut subir de grandes variations de degré hygrométrique de l'air, mais qu'il y a un degré optimum qui semble être 70°. Déjà au début de l'invasion, Riley notait : «L'été 1875 dans le Missouri et les États adjacents fut si humide que, bien que l'insecte fût abondant au printemps, il devint après relativement rare et indifférent, et ne se multiplia pas de nouveau jusqu'à ce que les pluies cessent». Un excès d'humidité provoque le cannibalisme (Gibson); un excès de sécheresse cause la dessication des œufs (Riley).

Les mêmes conditions d'humidité de l'air et de précipitations atmosphériques sont celles convenant le mieux à la pomme de terre pour son développement. Pour celle-ci, il faut une humidité régulière, des pluies de 35 à 55 centimètres pendant une période allant de la plantation aux arrachages des tubercules (Stuart).

Selon l'expression de Riley, confirmée par Schimer : «Le Doryphore aime les climats tempérés; les excès de sécheresse et de pluie lui sont également préjudiciables».

Influence du vent. — Le vent est un élément naturel de mortalité dont l'influence est loin d'être négligeable.

Il agit de plusieurs façons. Les vents violents d'orage accompagnés de pluies font tomber à terre un grand nombre de jeunes larves, lesquelles ne pourront ensuite remonter sur les plantes (Gibson). Quant aux courants aériens normaux, ils poussent bien souvent les insectes vers des lieux où ils périront, les pommes de terre et les Solanées sauvages y faisant totalement défaut; les chutes de nuées d'insectes sur le bord des lacs, en pleine mer, sur les plages ne sont pas rares (voir p. 297).

Influence de la densité, de l'époque de végétation et de la nature des plantes-hôtes. — Les cartes montrent que presque toujours le degré de multiplication du Doryphore est en très étroite relation avec l'abondance des pommes de terre. Il n'y a là rien d'étonnant d'autant plus que les deux espèces ont des conditions optima de sol et de climat assez semblables.

Pourtant la règle n'est pas absolue et, en plusieurs points la comparaison entre les cartes indiquant les cultures intensives de pommes de terre et les zones de dégâts importants du Doryphore décèle d'instructives exceptions.

Une première exception est donnée par les cultures irriguées de haute montagne (altitude de 800 à 1.200 mètres) et sur lesquelles l'insecte ne se multiplie pas en proportion des aliments disponibles.

Mêmes faits se révèlent par les cultures dites de primeurs surtout dans les régions méridionales; les États du Sud des États-Unis, qui effectuent 90 p. 100 de leurs cultures en primeurs (récoltes en juin) ont peu de dégâts. En Floride et le long

du Golfe du Mexique où les pommes de terre sont arrachées en mai, l'insecte ne se maintient plus (voir p. 315) faute de plantes alimentaires en été.

Une troisième catégorie d'exceptions est présentée par les régions montagneuses ou septentrionales sur lesquelles le Doryphore est plus abondant sur certaines Solanées sauvages (*S. triflorum* en particulier) que sur les pommes de terre. Aucune indication précise ne permet d'en fixer actuellement la cause, laquelle peut résider dans une action du climat ou dans une plus grande attirance de l'insecte par certaines espèces végétales.



Fig. 9. — *Les cultures de Pommes de terre peu ou pas envahies par le Doryphore et leurs caractères géographiques et climatiques.*

Ces cultures, représentées sur la carte par des zones en pointillés, se trouvent en dehors de l'aire délimitée par les lignes A, B, C, D, E, lesquelles entourent la région où des dégâts graves sont causés par le Doryphore.

Les caractéristiques des limites indiquées sont les suivantes :

Limite A : au Nord-ouest, moyenne thermique de janvier inférieure à — 10° et chute de neige n'atteignant pas 10 centimètres.

Limite B : à l'ouest, pluies d'été ne dépassant pas 30 centimètres; moins de 20 p. 100 de jours pluvieux sauf aux hautes altitudes; degré hygrométrique de l'air au-dessous de 70° et même descendant à 50°; B' indique l'altitude 700 mètres.

Limite C : au sud, 80 p. 100 de cultures de Pommes de terre sont faites en primeurs.

Limite D : au nord, températures de l'été relativement basses (moyennes oscillant entre 16° et 18°).

Limite E : à l'est, brumes, pluies et brouillards très fréquents en été.

Entre les lignes G, presque toutes les cultures de Pommes de terre se font grâce à l'irrigation (exception en *g*).

F délimite l'altitude 1.800 mètres au-dessus de laquelle le Doryphore semble ne plus vivre même sur les Solanées sauvages.

H : régions les plus sèches ne recevant en été que des pluies de quelques centimètres de hauteur.

Compétition biologique existant entre des espèces diverses évoluant simultanément sur le feuillage des pommes de terre. — Le Doryphore rencontre en Amérique que peu de compétiteurs biologiques lui disputant le feuillage des pommes de terre et arrivant à limiter, par affamement des larves, ses possibilités de prolifération naturelle.

Comme premier compétiteur on trouve *Epicauta vittator,* insecte parfait phyllophage (sa larve est entomophage), qui se multiplie çà et là au point de former d'énormes essaims qui dévorent les cultures rencontrées. Le second est un chrysomélien, *Lema trilineata* (communément appelé «old fashion Potato Beetle»), qui, distribué sur tout le continent, forme çà et là, certaines années, de petites invasions très localisées; ses larves et ses insectes parfaits se nourrissent presque exclusivement de Solanées.

Cannibalisme chez les Doryphores. — Gibson et ses collaborateurs montrèrent que par un temps humide et froid (température au-dessous de 15°), les insectes parfaits dévorent leurs pontes; si bien qu'il ne serait pas rare de voir dans les champs 10, 20 et parfois 50 p. 100 des pontes, être partiellement dévorées par eux.

Le cannibalisme se développe surtout les années ayant un printemps tardif, froid et pluvieux, et il explique partiellement que, certains étés, les invasions larvaires ne sont pas d'une intensité en rapport avec les sorties printanièrs d'insectes parfaits (Gibson). Le phénomène est très courant dans les champs enveloppés par de fréquents brouillards froids se trouvant sur la côte Atlantique du Canada et il fait qu'en ces champs, le Doryphore se montre peu nuisible sans que des traitements chimiques soient effectués sur les plantes (Gorham).

La lutte biologique proprement dite. — (Voir monographie spéciale écrite sur ce sujet.[1]). Elle comprend à côté du rôle des insectes, l'action de certaines bactéries causant la mort des larves, mais celle-ci semble rester minime (White).

IV. IMPORTANCE ÉCONOMIQUE EN AMÉRIQUE DU NORD.

Dommages éprouvés pendant la grande invasion de 1860-1880. — La soudaine apparition du Doryphore dans les cultures de pommes de terre prit les producteurs américains au dépourvu. Un grand désarroi apparût aussitôt dans les campagnes.

Une véritable consternation régna dans les milieux agricoles de la vallée du Mississipi vers 1863. En deux années, à Saint-Louis, les prix des pommes de terre quadruplèrent et l'avenir de la culture parut menacé.

«Dans les premiers temps de l'invasion, écrivit plus tard Chittenden, le Doryphore ne causa pas seulement des pertes complètes de récolte, mais parfois détruisit des cultures de pommes de terre sur des comtés entiers et dans de nombreux États.»

[1] Trouvelot (B.). — *Loc. cit.*

La découverte des traitements arsenicaux sauva la situation. Rapidement, malgré une augmentation des frais culturaux par suite de l'application des traitements, les abandons de plantations cessèrent et la culture reprit son extension primitive.

Surface actuellement occupée par l'invasion. — D'après une carte publiée par Herrick[1] en 1927 et qui complète l'ancienne carte de Chittenden datant de 1907, l'invasion doryphorique s'étend en Amérique du Nord sur un territoire de plus de six millions de kilomètres carrés, ce qui représente une surface équivalente à celle de la moitié de l'Europe ; elle s'étend entre les parallèles 30° au sud et 50° au nord. En raison d'une concentration de la culture des pommes de terre surtout dans l'est du continent nord-américain, on peut estimer que, environ les neuf-dixièmes des surfaces cultivées en pommes de terre aux États-Unis soit, 1.600.000 hectares, se trouvent en zone doryphorée[2].

Sur la zone d'invasion générale, il y aurait lieu de distinguer actuellement plusieurs régions différentes. Certaines régions sont caractérisées par une invasion permanente, générale et intense ; elles occupent la presque totalité des bassins du Mississipi et du Saint-Laurent, ainsi que les plaines côtières s'étendant du Maine à la Virginie. D'autres, situées en périphérie, sont au contraire caractérisées par des contaminations faibles, irrégulières, ne présentant parfois que des foyers épars et temporaires ; elles comprendraient la Géorgie, le Nord de la Floride, le sud de l'Alabama et de la Louisiane, le Texas, l'Arizona, les plaines bordant les Montagnes Rocheuses situées entre 1.000 et 1.700 mètres d'altitude, les grandes plaines à climat continental du Manitoba et de l'Alberta, enfin, la bordure côtière brumeuse du Canada français et de la Nouvelle Écosse.

Les foyers des États de Washington et de la Colombie britannique sont trop récents pour qu'on puisse se prononcer sur les caractères de l'invasion auxquels ils conduiront quand la pullulation de l'espèce aura atteint son état d'équilibre.

Importance économique actuelle du Doryphore. — A l'heure actuelle, rares sont en Amérique les plantations sérieusement endommagées ou dévastées par le Doryphore, même dans les zones de grande pullulation. La présence de dégâts dans un champ est considérée dans les milieux agricoles comme un indice d'incompétence technique de l'exploitant et, comme en matière de lutte contre le Doryphore, toute négligence aboutit à l'anéantissement rapide des récoltes, les mauvais cultivateurs sont très vite éliminés, si bien que leurs cultures ravagées ne persistent pas longtemps.

L'attention apportée par les cultivateurs à la lutte contre le Doryphore est surtout développée dans les régions de cultures tardives de pommes de terre et au cours des années à étés doux.

[1] Herrick. — Injurious insects (New-York, 1927).

[2] Cette surface représente à peu près la totalité des cultures de pommes de terre faites en France ; en Amérique du Nord, la densité des cultures de pommes de terre est dix fois moindre qu'en Europe.

Il semble que les cinq-sixièmes des cultures [1] de Pommes de terre qui s'effectuent dans la zone d'invasion du Doryphore, doivent chaque année recevoir un ou plusieurs traitements insecticides contre ce ravageur. Ainsi, 1.300.000 hectares seraient annuellement traités soit les sept-dixièmes des surfaces plantées en pommes de terre aux États-Unis.

La principale conséquence économique actuelle de l'invasion doryphorique est donc la nécessité qui existe presque partout et tous les ans de faire des traitements chimiques lesquels viennent augmenter les frais de production.

On a supposé un moment qu'aux dégâts directs causés par le Doryphore, méritaient d'être ajoutés des dégâts indirects comme ceux résultant d'un transport par l'insecte de germes de maladies, en particulier de ceux des maladies à virus. Tous les essais faits en ce sens demeurèrent sans résultats (Schultz).

Si, avec Stuart, l'on estime que, en 1927, la récolte des pommes de terre aux États-Unis [2] avait une valeur de 450 millions de dollars, en comptant le prix de revient moyen des traitements à 3 p. 100 du prix des récoltes (voir p. 328), on peut évaluer que le montant annuel des frais de la lutte antidoryphorique courante aux États-Unis s'élevait approximativement à cette époque à 10 millions de dollars (soit 230 millions de francs en 1930) pour une surface cultivée en pommes de terre sensiblement équivalente à celle présentée par la même culture en France).

Metcalft et Flint [3] indiquent que les dommages directs ou indirects subis par la culture de la pomme de terre aux États-Unis par suite des attaques des insectes, s'élèveraient à 30 millions de dollars (soit 750 millions de francs en 1930). Selon Rohwer, le dixième de cette somme, soit 3 millions de dollars ou 75 millions de francs, paraît revenir au Doryphore [4]. Elle représente à elle seule 5 p. 100 du montant total des dommages directs et indirects causés par les insectes aux seules productions légumières des États-Unis.

Reh [5] indique comme valeur des dommages causés par le Doryphore la somme de 600.000 livres anglaises, soit environ 65 millions de francs; mais nous ne connaissons pas les bases sur lesquelles reposent les calculs faits.

[1] Les plus importants centres de production des pommes de terre courantes aux États-Unis se trouvent dans les États du Maine (Arrowstock region), de New-York (sud du Lac Ontario et Ile de Long-Island), de Michigan, de Minnesota, de Wisconsin et de Pensylvanie. Ces cinq États situés en pleine zone de développement maximum du Doryphore, produisent à eux seuls près de la moitié des récoltes aux États-Unis.

[2] 430 millions de boisseaux.

[3] Metcalft and Flint. — Destructive and useful insects (New-York, 1928).

[4] La seconde partie correspondrait aux pertes résultant de l'action des larves souterraines et des ravageurs du feuillage autres que le Doryphore (Pucerons et Psylles en particulier).

[5] Reh (L.). — Pflanzenschadliche Insekten (in Schröder Handb. Ext. II, 308, 1926).

V. LES TRAITEMENTS ANTIDORYPHORIQUES EN AMÉRIQUE DU NORD.

Bref historique des techniques de lutte employées. — Au moment de l'arrivée du Doryphore dans les plaines du Mississipi, les cultivateurs américains pris au dépourvu, en hâte appliquèrent les procédés les plus divers pour combattre le fléau.

Le ramassage manuel des insectes fut l'une des premières techniques utilisées. Les insectes récoltés dans des bassines étaient ensuite déversés dans de vastes récipients contenant du pétrole. Une variante consista en un écrasage direct des insectes faits sur les plantes avec l'aide de grandes palettes en bois rappelant des mouchettes.

Des observations ayant montré, que, les années très sèches, les larves du Doryphore tombées à terre circulaient difficilement sur un sol brûlant, l'idée vint de secouer le feuillage des plantes, en plein soleil. Selon Riley les résultats obtenus étaient loin d'être négligeables, surtout lorsqu'on perfectionnait la technique en faisant passer entre les rangées de pommes de terre, des fascines lourdement chargées qui écrasaient un grand nombre d'insectes.

Le ramassage mécanique des Doryphores fut appliqué peu après, d'abord avec l'aide de grands entonnoirs, ensuite avec le secours de machines portant des râteaux comme les moissonneuses, lesquels frappant violemment les feuilles des plantes faisaient tomber les insectes dans des bacs collecteurs et de là entre des rouleaux écraseurs (machine Benson).

Selon Riley, les destructions mécaniques n'eurent jamais un grand avenir « l'inconvénient principal de tous ces procédés est qu'ils ne deviennent applicables que lorsque les plantes ont atteint déjà un développement considérable, alors que la recherche et la destruction de l'ennemi doivent être poursuivies avec le plus de vigueur au moment où les jeunes pousses font leur apparition et dans les premiers jours de leur croissance ».

Rapidement les recherches s'orientèrent vers l'emploi de substances toxiques. « Dès que l'insecte se fut établi dans des États abondamment peuplés, écrit Riley, il devint rapidement évident que ni les ramassages manuels ni les destructions plus complètes par l'emploi d'appareils mécaniques, permettraient au producteur de se mesurer victorieusement avec cet ennemi. Nombreux cultivateurs préférèrent abandonner leurs récoltes de pommes de terre plutôt que de dépenser les sommes de temps et de travail nécessaires pour les sauver ; en conséquence le ravageur se multiplie dans des proportions alarmantes. La découverte d'un agent de destruction bon marché, aisé à appliquer et très actif devint de toute importance... »

En 1869, Riley ayant étudié l'action des cendres de bois, du cobalt, de l'Hellébore blanc, de l'acide crésylique, du savon et des sels d'arsenic, retenait seulement ces derniers composés.

Les premières applications arsenicales contre le Doryphore, datent de 1865, l'année même de l'arrivée de l'insecte dans l'État du Missouri, et juste cinq ans après la reconnaissance des premières colonies sur les cultures de pommes de terre (Riley, Metcalft). Elles furent faites avec le vert de Paris (Acéto-arsenite de cuivre) qui venait justement d'être depuis peu essayé en petit, mais avec succès, contre des chenilles des Cotonniers (Riley). Les résultats dépassèrent les espérances et, parmi tous les sels arsenicaux alors étudiés, le vert de Paris fut préféré.

Le succès de la découverte a été tel qu'en une seule année le prix du vert de Paris quadrupla. On rapporte même qu'à Saint-Louis, la poésie populaire immortalisa en chansons, les mérites du produit [1].

L'emploi du vert de Paris se généralisa très vite et devant une importante régression des dégâts corrélative de cet emploi, l'espoir revint dans les campagnes de reprendre la culture de la pomme de terre un moment considérée comme perdue (Chittenden).

La lutte contre le Doryphore devait être le point de départ de l'emploi des arsenicaux comme insecticides agricoles courants en Amérique du Nord [2].

Dès les premières années on employa le vert de Paris simultanément en pulvérisations et en poudrages, chaque technique ayant ses partisans.

Au début on transportait les solutions arsenicales dans les champs au moyen de seaux et les plantes étaient grossièrement aspergées en secouant sur elles un balai imprégné de liquide. Rapidement apparurent des pulvérisateurs rustiques comportant un réservoir pour le liquide placé sur le dos de l'opérateur avec latéralement des tuyaux de caoutchouc aboutissant à de petites pommes d'arrosoir. Des modèles plus perfectionnés présentaient sur les tuyaux de distribution du liquide un petit moulin manœuvré à la main et refoulant le liquide sous pression dans une lance.

La fabrication des bouillies était simple à réaliser : «une cuillère de vert de Paris pour un seau d'eau» (Riley).

Pour les traitements par poudrages, les opérateurs parcouraient les champs le matin à la rosée et secouaient sur les plantes un vieux sac ou un tamis contenant le produit pulvérulent. «Le vert de Paris employé pur attaquant les plantes, on reconnut qu'en le mélangeant avec de la farine ou du plâtre et en faisant les applications au moment de la rosée, il présentait une action fatale pour les insectes tout en demeurant inoffensif pour les pommes de terre» (Riley).

Les mélanges pour poudrages à sec contenaient 25 à 30 fois plus de farine que de vert de Paris si ce dernier corps était très pur, mais le pourcentage était abaissé au chiffre de 15 ou 20, en cas d'impuretés nombreuses. La farine, qui

(1) Kershove. — *Loc. cit.*

(2) Elle devait aussi avoir des répercussions en Europe. Dès 1888, Grosjean qui avait vu en Amérique tous les avantages agricoles de l'emploi du vert de Paris et de vert de Scheele puis le peu de danger de leur manipulation pour les ouvriers, conseillait en France l'emploi de ces composés pour combattre les Silphes de la Betterave ; nombreux essais furent couronnés de succès (*Bulletin du Ministère de l'Agriculture,* n° 4, 1888 ; et *Bulletin du Ministère de l'Agriculture,* 1896).

jouait le double rôle de support et de matière adhérente, était préférée au plâtre, aux cendres et à la chaux éteinte.

Si les produits épandus par poudrage avaient l'inconvénient de ne pas très bien adhérer aux feuilles, par contre leur application présentait le gros avantage de la rapidité d'exécution et d'une économie de main-d'œuvre.

Les pulvérisations permettaient d'opérer quelles que soient les conditions atmosphériques et de mieux fixer les poisons sur les feuilles. On leur reprochait seulement à cette époque une distribution très irrégulière des gouttes de liquide sur les plantes et d'importantes pertes de poison par suite de l'abondance des gouttes tombant à terre.

Apparition des arséniates de plomb. — Les arséniates de plomb remplacèrent le vert de Paris vers 1895, la préférence leur était donnée en raison de leur très bonne suspension aqueuse, de leur meilleure adhérence sur le feuillage et de leur innocuité pour les plantes.

Jusqu'en 1930, ils gardèrent dans la pratique des traitements antidoryphoriques, une place prépondérante.

On préconisa à un moment les bouillies formées par le mélange suivant : bouillie bordelaise, 1 hecto; arséniate de plomb en pâte, 1 kilogr. 200; vert de Paris, 0 kilogr. 150. Selon SMITH l'application de ces bouillies donnait une mortalité de 92 p. 100 parmi les insectes parfaits et de 91 p. 100 parmi les larves. Les formules actuelles sont un peu différentes (v. p. 323).

Tous les sels de plomb n'ont pas une égale valeur pour la lutte antidoryphorique. On préfère en général les composés diplombiques aux triplombiques qui présentent une moins grande toxicité (BRITTAIN, MASSON).

Apparition des arséniates de chaux. — A partir de 1915, dès que l'on obtint l'arséniate de chaux sous des formes très stables et par conséquent ne brûlant pas le feuillage, ce corps bon marché, largement utilisé sur les plantations de Cotonniers, commença à acquérir une place marquée dans la lutte contre le Doryphore. A égalité de poids, l'arséniate de chaux est plus toxique que l'arséniate de plomb; il contient en particulier un plus grand pourcentage d'arsenic. Son adhérence sur les feuilles par contre est moindre, et, les risques de brûlures restent avec lui toujours élevés.

Retour récent vers les poudrages arsenicaux. — Avec l'emploi des arséniates de chaux, les poudrages un moment délaissés reviennent en faveur (SMITH, DUTTON), ces corps se mélangent très bien avec des supports pulvérulents (WARDLE). D'après les documents fournis par S.-A. ROHWER, actuellement la moitié des traitements se ferait par poudrages et l'importance des poudrages par rapport aux pulvérisations va croissant chaque année.

L'arséniate de chaux pulvérulent s'emploie aussi en mélange avec le soufre ou le sulfate de cuivre en poudre, mais alors il est nécessaire d'ajouter à la poudre

obtenue une quantité de chaux pulvérulente égale au poids de soufre ou de sulfate de cuivre employé (Masson).

D'autres arsenicaux sont parfois utilisés en poudrages : le vert de Paris qui a un pouvoir insecticide très élevé et l'arséniate de plomb remarquable par son adhérence; pour ce dernier corps l'usage de la chaux comme charge n'est pas nécessaire (Macuon).

Pour toutes les poudres, les tendances actuelles des fabrications vont vers une augmentation de la finesse des particules (passage au tamis 300 «mesh»; recherche de produits impalpables) (Masson).

A signaler les travaux de Eddy (1926), montrant que des sels d'arsenic solubles peuvent être employés en poudrages sans inconvénients pour les plantes, si on les réduit à l'état de très fines particules absorbées par des grains très fins de matières inertes comme le kaolin, le talc ou la terre de diatomées. Les résultats obtenus seraient excellents contre le Doryphore et nombreux autres insectes broyeurs. La quantité d'arsenic fixée est très faible et n'étant pas libérée par l'humidité sur les plantes, n'occasionne aucune brûlure tout en gardant une toxicité très élevée pour les insectes.

Autres sels arsenicaux. — Selon Caesar, l'arséniate de zinc donne de bons résultats, employé à la dose de 450 grammes par hectolitre d'eau et permettrait alors de tuer 80 p. 100 des insectes parfaits et 87 p. 100 des larves. Son action est plus rapide que celle des arséniates de plomb et la suspension aqueuse donnée est meilleure qu'avec ces derniers (Smith).

Son emploi ne se généralisa pas, sans doute en raison de trois défauts : brûlures causées sur de nombreux végétaux; prix de revient élevé; adhérence irrégulière.

D'après Stuart, on emploierait en grand dans le nord de l'État du Maine, des composés dits «Arsenoïds». Certains arsenoïds sont constitués par un mélange d'acide arsénieux et de sels de baryum; d'autres dérivent des arséniates de plomb; d'autres sont à base d'arséniate de cuivre. Leur activité ne serait pourtant pas aussi grande que celle présentée par les arséniates de plomb de formule courante.

Action de l'arsenic sur le Doryphore. — Peu de renseignements semblent exister sur ce sujet.

Graham indique, que, à égalité de richesse en arsenic, les bouillies constituées avec les arséniates de plomb, de chaux ou les acéto-arsénites de cuivre présentent une même valeur insecticide vis-à-vis du Doryphore.

Fink, dans de récents travaux, établit que les sels arsenicaux agissent le plus souvent sur le Doryphore en réduisant le métabolisme normal des insectes : ils modifient les oxydations cellulaires. Certains arsenicaux, comme le réalgar, agiraient comme stimulants en augmentant les oxydations.

Récentes études sur l'emploi des fluosilicates comme produits antidoryphoriques. — En 1919 des recherches sont abordées par Marchovitch pour trouver des composés

moins toxiques pour l'Homme que les arsenicaux; l'attention se porte sur les fluosilicates et sur les fluorures.

Le fluosilicate de soude, employé en poudrage au dosage de 1 partie de fluosilicate pour 10 parties de chaux hydratée, et en pulvérisation selon la formule :

Fluosilicate de soude	300 grammes.
Chaux	300 —
Eau	100 litres

donnerait d'intéressants résultats. Il a l'avantage d'être meilleur marché que les composés arsenicaux et, semble-t-il, d'agir à la fois par contact et par ingestion. Pourtant il a l'inconvénient d'être lourd, ce qui en rend l'épandage difficile; il cause aussi des brûlures sur les feuilles lorsqu'il est très concentré (Marcovitch).

Le fluosilicate de chaux donne surtout de bons résultats lorsqu'il est appliqué en poudrages. Sa pénétration est curieuse : en irritant le corps des insectes traités, il amène les insectes à lécher leurs appendices et ainsi à ingérer des particules de poudre.

Les fluosilicates ont une action toxique plus prompte que celle des fluorures et s'obtiennent commercialement plus aisément que ces derniers sous forme de poudres bon marché.

Le fluorure de soude, dilué dans deux fois son volume de chaux hydratée, agit par ingestion et, en 24 heures, tue 95 p. 100 des insectes. Les fluorures de calcium et de magnésium ne présentent qu'une très faible action insecticide.

Malgré leur efficacité, jusqu'en 1933 au moins, les fluosilicates n'avaient pas pris une importante place dans la lutte contre le Doryphore. Selon Rohwer, l'emploi des fluosilicates serait encore resté très réduit en 1934 par suite de deux causes. D'abord le problème des dangers présentés par les résidus de traitement (sur les plantes et peut-être sur le sol) reste insuffisamment étudié; ensuite, la commodité des traitements arsenicaux est telle qu'il n'y a pas utilité à chercher à substituer à ces composés des produits moins actifs qu'eux vis-à-vis du Doryphore.

Techniques actuellement en usage pour la lutte courante contre le Doryphore en Amérique du Nord. — La lutte courante a pour base essentielle les traitements chimiques d'été des feuilles, traitements réalisés avec un emploi quasi exclusif de produits arsenicaux [1].

Les deux techniques d'application suivies sont le poudrage et la pulvérisation.

On reconnaît aux poudrages le gros avantage de permettre des applications

[1] En 1923, l'agriculture américaine employait annuellement 15.000 tonnes d'arséniate de chaux; 5.000 d'arséniate de plomb et 1.500 de vert de Paris (Metcalf et Flint). Nous ne serions pas étonnés que le dixième de cette consommation (soit 2.500 tonnes) corresponde à la part des produits antidoryphoriques.

très rapides, faites avec un matériel réduit et immobilisant un capital trois fois moindre que celui à envisager pour les pulvérisations (Masson).

La préférence est donnée aux poudrages d'abord dans les régions sèches où l'approvisionnement en eau est une source de difficultés; mais peu à peu l'emploi des poudrages se développe partout indépendamment du climat (Masson).

Les poudrages s'exécutent toujours par temps calme et le matin de bonne heure à la rosée. Dans toutes les régions humides, ils sont faits avec des poudres mixtes; mais longtemps la mise au point de bonnes poudres cupriques retarda leur développement en ces régions.

Une part importante dans la grande généralisation courante des traitements chimiques des pommes de terre en Amérique, revient aux garanties dont se trouvent entourées les ventes de produits antiparasitaires; les compositions chimiques et les efficacités des produits sont soigneusement surveillées au moyen d'analyses et d'essais d'échantillons provenant de prélèvements fréquents faits sur le marché, ce qui évite le discrédit jeté sur les traitements insecticides par la présence de produits défectueux vendus grâce à des annonces trompeuses[(1)].

Les formules couramment employées pour la fabrication des bouillies et des poudres antidoryphoriques. — Les sels arsenicaux les plus couramment employés sont l'arséniate de plomb (surtout l'arséniate diplombique), l'arséniate de chaux et récemment l'acéto-arsénite de cuivre ou vert de Paris. Ce dernier composé revient en vogue, en raison de sa grande toxicité et de son action à la fois insecticide et fongicide, depuis qu'on réussit à le préparer sous des formes adhérant aux plantes et ne causant pas de brûlures.

Les dosages d'emploi de ces sels varient à l'infini; toutefois nous croyons opportun de citer en premier lieu ceux actuellement préconisés par le Bureau d'Entomologie de Washington (indications de M. Rohrer, 1934) et qui semblent devoir correspondre aux conclusions les plus récentes et les plus générales.

(1) D'après l'Insecticide Act de 1910 (voir détails : P. Marchal, les Sciences biologiques appliquées à l'Agriculture aux États-Unis; *Loc. cit.*) chaque composé insecticide ou fongicide mis en vente doit présenter sur son emballage une étiquette indiquant : le nom commercial du produit; le nom et l'adresse du fabricant; l'emplacement des usines l'ayant manufacturé; l'analyse chimique avec indication des pourcentages en substances insecticides et en matières inertes.

En plus les produits arsenicaux seront établis avec les caractères suivants (en cas de fraude, les pénalités sont de 200 dollars d'amende ou l'emprisonnement) :

1. Vert de Paris : au moins 50 p. 100 d'As^2O^5; moins de 3,5 p. 100 d'As soluble calculé en As^2O^5; aucun corps n'altérant la qualité ou le pouvoir toxique du composé.

2. Arséniates de plomb en pâte : moins de 50 p. 100 d'eau; au moins 12,5 p. 100 d'As^2O^5; moins de 0,75 p. 100 d'As soluble calculé en As^2O^5 aucun corps n'altérant la qualité ou le pouvoir insecticide du composé.

(Dans les régions très brumeuses, certains États exigent en plus l'indication de l'arsenic soluble dans l'ammoniaque.)

3. Autres sels arsenicaux : indication apposée sur les étiquettes du pourcentage de l'arsenic insoluble et de celui de l'arsenic soluble.

Ces formules-types pour la préparation des bouillies et des poudres à poudrer sont les suivantes :

Formule I. — Bouillie à base d'arséniate de plomb ou d'arséniate de chaux, les produits utilisés revêtant la forme de poudre à délayer :

Produit commercial[1], 0 kilogr. 300 à 0 kilogr. 450;
Eau (ou bouillie bordelaise), 100 litres.

(Dans le cas d'arséniate de chaux, il est utile d'ajouter 0 kilogr. 500 de chaux.)

La bouillie obtenue contient de 60 à 90 grammes As par hectolitre s'il s'agit d'arséniate de plomb et de 80 à 120 grammes As lorsqu'on prend de l'arséniate de chaux.

Formule II. — Bouillie à base d'acéto-arsénite de cuivre :

Produit commercial[2], 0 kilogr. 200 à 0 kilogr. 350;
Eau ou bouillie bordelaise, 100 litres.

(Si l'on emploie de l'eau, ajouter obligatoirement de 0 kilogr. 500 à 1 kilogramme de chaux, soit le double du poids d'acéto-arsenic employé.)

Cette bouillie contient de 70 à 120 grammes As par hectolitre.

Formule III. — Poudre à poudrer à base d'arséniate de chaux (ou d'arséniate de plomb) :

Arséniate concentré[3], 12 à 20 kilogrammes;
Chaux hydratée ou poudre cuprique, 88 à 80 kilogrammes.

Le produit fait avec l'arséniate de chaux contient de 30 à 50 grammes d'As par kilogramme.

[1] Pour ces produits, il n'y a pas de standard légal de vente, mais en général on fait pour les arséniates de plomb des compositions titrant 31-32 p. 100 d'As^2O^5 (21-22 p. 100 As) et moins de 0,5 p. 100 d'As soluble, et pour les arséniates de chaux des composés à 75 p. 100 de pureté ce qui représente 27 à 28 p. 100 d'As.

[2] Produits titrant au moins 50 p. 100 d'As^2O^5 (34 p. 100 As).

[3] Poudre titrant en général 40 p. 100 As^2O^5. Selon Masson, un bon arséniate de chaux doit contenir :
40 à 42 p. 100 As^2O^5;
40 à 44 p. 100 de chaux;
Moins de 14 p. 100 d'eau et d'impuretés;
1 à 4 p. 100 de CO^2;
0,75 p. 100 d'arséniate soluble libre.
On emploie rarement les arséniates de plomb en poudrages, et, lorsqu'on le fait, on mélange

Formule IV. — Poudre à poudrer à base d'acéto-arséniate de cuivre :

Produit concentré [1], 6 à 11 kilogrammes;
Chaux ou poudre cuprique, 94 à 89 kilogrammes.

Le produit contient de 20 à 40 grammes As par kilogramme.

Des variantes sont fréquemment données par rapport à ces formules-types, surtout pour les bouillies à base d'arséniate de plomb, d'acéto-arsénite de cuivre, et pour les poudres à poudrer. Avec le premier composé en général la modification porte sur une augmentation sensible du dosage en poison; l'inverse se rencontre pour le second.

Ces variantes intéressent la France, même si en Amérique elles ne correspondent plus à des pratiques récentes ou ne concernent que des applications réduites.

L'emploi de composés concentrés en pâte à délayer est encore très fréquent en France alors qu'en Amérique il tend à être abandonné (Metcalft et Flint) surtout depuis ces dernières années (Rohrer). Avec les produits en pâte on utilisait en Amérique les formules 1 *bis* qui suivent :

Arséniate de plomb en pâte [2], 0 kilogr. 450 à 1 kilogr. 350;
Eau ou bouillie bordelaise, 100 litres.

(La bouillie obtenue titrait de 45 à 135 grammes As par hectolitre)

ou :

Arséniate de chaux en pâte [3], 0 kilogr. 7 à kilogr. 9;
Eau ou bouillie bordelaise, 100 litres.

(La bouillie obtenue titrait de 70 à 100 grammes As par hectolitre.)

En France, nous recherchons beaucoup une persistance de l'action insecticide laquelle s'obtient en laissant un certain dépôt d'arsénic sur les feuilles, dépôt,

10 à 15 kilogrammes de ce corps dans 90 à 85 kilogrammes de poudre inerte. Masson donne comme bonne formule pour une poudre cuproarsenicale destinée aux poudrages :

Arséniate de chaux	15 à 20 p. 100.
Chaux hydratée	60 à 65 p. 100.
Sulfate de cuivre	15 à 20 p. 100.

[1] Les préparations commerciales courantes contiennent : 54 à 57 p. 100 de As^2O^5 : 1,5 à 4,5 d'As^2O^5 soluble et 29 à 30 p. 100 d'oxyde de cuivre.

[2] Les pâtes commerciales avaient souvent une richesse en arsenic légèrement supérieure à celle des standards légaux (15 au lieu de 12,5 p. 100) et contenaient moins de 50 p. 100 d'eau.

[3] Les pâtes autrefois utilisées avaient en général plus de 15 p. 100 d'As^2O^5 et moins de 50 p. 100 d'eau.

suffisamment élevé pour que des doses minima mortelles pour les insectes subsistent pendant plusieurs semaines en dépit des intempéries.

Avec la première formule citée pour l'arséniate de plomb, on recommande des traitements répétés au moins trois fois annuellement. Les auteurs qui ne parlent que de deux traitements annuels courants, indiquent souvent pour les arséniate de plomb la formule suivante qui conduit à une bouillie ayant une richesse en arsenic près de deux fois plus grande.

Formule I ter :

Arséniate de plomb en poudre, 0 kilogr. 500 à 0 kilogr. 700;
Eau ou bouillie bordelaise, 100 litres.

La bouillie obtenue titre 100 à 140 grammes As par hectolitre.

D'après ces remarques, nous croyons que si les dosages de délayage et d'épandage des arsenicaux ont été baissés en Amérique à la suite de progrès continuels réalisés sur l'outillage servant aux applications et dans la fabrication des insecticides, il ne faut pas accentuer de trop la tendance suivie, car à partir d'un certain point, on doit affecter la persistance de l'action insecticide après les traitements, défaut qui est alors à compenser par des applications plus nombreuses.

Une variante de composition assez fréquemment citée pour les poudres à base d'acéto-arsénite de cuivre est la suivante :

Formule III bis :

Acéto-arsénite de cuivre, 2 à 5 kilogrammes;
Chaux éteinte pulvérulente, 98 à 95 kilogrammes.

Au Canada, on préconise en général l'emploi des poudres ne titrant que 10 p. 100 d'arséniate de chaux, alors qu'aux États-Unis la préférence semble être donnée aux produits contenant 20 p. 100 de ce toxique.

Des auteurs comme Ruggles, proposent l'emploi, lors des traitements de fin de saison, de bouillies ou de poudres contenant à la fois du vert de Paris et de l'arséniate de plomb ou de chaux. Les deux poisons appliqués simultanément sur les plantes ont des actions différentes et qui se complètent. Le premier agit très vite et tue les grosses larves; le second, en raison de son adhérence, persiste longtemps sur le feuillage et pendant plusieurs semaines assure une élimination de toutes les jeunes larves venant à éclore.

Traitements mixtes des Pommes de terre. — Les traitements cupro-arsenicaux sont très généralement suivis surtout dans les régions bordant l'Atlantique.

Selon Brittain, l'adjonction de sels cupriques aux composés arsenicaux cause une baisse de la valeur insecticide de ceux-ci.

Gossard indique au contraire que les traitements mixtes ont une action plus complète, leur durée d'activité étant plus longue par suite d'une meilleure persistance des composés sur les feuilles.

Il semble bien que si le cuivre a une certaine action répulsive sur le Doryphore, le cultivateur préfère néanmoins les traitements mixtes pour des questions d'économie dans le prix de revient des applications.

On recommande parfois l'adjonction aux produits précédents de composés à base de roténone, de nicotine ou d'huiles de poisson. Ils n'augmentent pas la toxicité du liquide à l'égard du Doryphore, mais les deux premiers corps ajoutent d'utiles effets toxiques sur les Pucerons et les Psylles et le troisième sert d'adhérent (Brittain).

Nombre annuel d'applications insecticides. — Le Bureau d'Entomologie de Washington conseille avec les formules-types précitées de faire au moins deux applications contre la première génération du Doryphore et une contre la seconde. Les années favorables à la multiplication de l'insecte, le nombre des traitements est augmenté.

Certains auteurs recommandent, dans des régions pluvieuses, un traitement fait tous les vingt jours, soit six à huit applications annuelles, trois de celles-ci étant cupro-arsenicales, les autres restant le plus souvent cupriques (Cameron, Severin, Gibson, Chittenden). De tels soins ne sont effectivement appliqués que dans les belles exploitations.

Dans diverses publications, on trouve indiqué comme moyenne annuelle normale pour les traitements, deux applications, la première faite lorsque les plantes ont de 15 à 30 centimètres de hauteur, la seconde réalisée au moment de l'apparition des larves de seconde génération. Dans les zones de grande multiplication de l'insecte, pour éviter de fâcheuses surprises, le nombre moyen des applications est porté à trois. Souvent, avec ces indications, on préconise l'emploi de bouillies à base d'arséniate de chaux (formule I), toxique ayant une action prompte, ou de bouillies à base d'arséniate de plomb mais présentant un dosage assez élevé en poison (formule I *ter*).

Quantité de produits employés à l'hectare. — On table en général sur un épandage de 500 à 800 litres de bouillie à l'hectare, mais les quantités de liquide pulvérisées sont portées à 1.000 et même 1.200 litres quand les plantes présentent un grand développement foliaire.

Pour les poudres on épand, suivant la taille des plantes, entre 23 et 40 kilogrammes de produits à l'hectare, mais selon Astham, on peut monter à 50 et 70 kilogrammes lorsque les poudres sont peu riches en principes actifs. Ces doses paraissent d'ailleurs correspondre à un maximum.

Par contre, avec les poudres les plus riches en principes actifs, certains auteurs, comme Masson, conseillent de réduire l'épandage à 13 kilogrammes de poudre en traitement printanier (plantes de 18 cm.) et de ne pas dépasser 25 et 30 kilogrammes pour les opérations d'été.

En employant les compositions-types précitées, on épandrait en moyenne par hectare, les doses suivantes de poison :

		TRAITEMENTS SUR DES PLANTES de taille courante.		TRAITEMENTS SUR DES PLANTES ayant un grand développement foliaire.	
		Produit	As.	Produit.	As.
Bouillies :					
Arséniate diplombique..........	Form. I...	2k 000	0k 400	3k 200	0k 640
— —	— Iter.	3 000	0 650	5 000	1 000
— de chaux............	Form. I...	2 000	0 600	3 200	0 700
Vert de Paris................	— II..	1 500	0 500	2 300	0 700
Poudrages :					
Arséniate de chaux............	— III..	2 500	0 750	4 700	1 100
Vert de Paris................	— IV..	1 300	0 420	2 500	0 800

Appareils pour les traitements. — Les petits appareils à dos ou à main diffèrent peu des modèles français courants. Leur emploi est très restreint.

Les pulvérisateurs et poudreuses à traction constituent l'outillage principal. Les appareils traitent de 4 à 6 rangées de plantes à la fois. Le mouvement de la pompe à liquide ou du ventilateur réalisant le courant d'air, est donné soit par la rotation des roues, soit par un petit moteur auxiliaire. En général, les appareils transportent une réserve de 200 à 300 litres de liquide ou de 50 kilogrammes de poudre.

Deux particularités caractérisent les pulvérisateurs américains à grand travail : une pression élevée exercée sur le liquide (6 à 8 kilogr. par centimètre carré pour les appareils sans moteur auxiliaire et 8 à 12 kilogr. pour ceux à moteur); un groupement des becs portés par les rampes de telle façon que sur chaque rangée de pommes de terre, opèrent trois becs : un se déplaçant dans l'axe de la rangée et pulvérisant le liquide de haut en bas, deux placés latéralement grâce à un montage sur tiges secondaires formant arceau autour des plantes et traitant les végétaux de côté et même en partie de bas en haut.

Les pressions élevées exercées sur le liquide donnent des gouttes fines, s'appliquant bien sur les folioles et atteignant toutes celles-ci. Selon Stuart, ce sont les pulvérisateurs ayant au moins 8 kilogrammes de pression et projetant les liquides en particules fines, qui donnent les meilleurs résultats. Une pression abaissée à 5 kilogrammes est insuffisante.

Pour les poudreuses, il y a, à l'heure actuelle, tendance à rechercher une augmentation de la vitesse des courants d'air. Les modèles courants à grand travail, traitent de 10 à 15 hectares de plantations par jour (Masson).

Prix de revient des traitements antidoryphoriques courants. — L. B. Smith estime que les frais des traitements des pommes de terre (quatre applications annuelles de

produits mixtes) ne représentent en général pas plus de 4,5 p. 100 de la valeur marchande des récoltes que ces traitements ont sauvées [1].

Les chiffres qui nous furent donnés en 1928 pour des exploitations des environs de New-York, confirment ces données [2]. Ils indiquent que l'ensemble des traitements antiparasitaires (huit pulvérisations portant sur l'épandage de 1.000 à 1.400 litres à l'hectare) représentaient environ 7 p. 100 de la valeur commerciale des récoltes. Sur les frais de traitement, un peu moins de la moitié de la somme totale est imputée à la lutte contre le Doryphore (seulement trois pulvérisations sur huit contiennent des produits arsenicaux).

Leiby à la suite de relevés réalisés de 1913 à 1919 sur la production des pommes de terre dans la Caroline du Nord, conclut que les traitements mixtes des pommes de terre faits avec soin amèneraient une augmentation de 60 p. 100 des récoltes, les frais de traitement ne s'élevant qu'au sixième du supplément de bénéfices obtenu. La part revenant au traitement proprement dit du Doryphore ne s'élèverait qu'au tiers des dépenses. Si l'on fait le ramassage manuel des insectes, l'accroissement de récolte est seulement le dixième des chiffres précédents pour un prix de revient à peine abaissé d'un tiers.

Ces relevés montrent toute l'importance des applications mixtes en ce qui concerne l'économie des traitements antidoryphoriques courants; l'inconvénient d'un abaissement des délais de mortalité des insectes dû à la présence de cuivre dans les produits passe au second rang devant les avantages pratiques présentés par une lutte simultanée contre les deux plus grands ennemis de la pomme de terre.

La cause principale de la faible proportion relative des frais de traitements antidoryphoriques (3 à 4 p. 100 du prix des récoltes) réside dans un bon marché relatif des composés antiparasitaires en Amérique [3]; dans l'emploi d'un machinisme perfectionné économisant la main-d'œuvre et amorti sur des traitements variés (produits à action mixte); dans la dimension des champs permettant l'emploi d'un outillage perfectionné opérant bien et rapidement.

Naturellement la proportion donnée varie d'une région à l'autre selon le nombre des applications faites et également entre deux fermes voisines elle dépend des rendements en tubercules obtenus, car plus les rendements en tubercules sont élevés, plus les prix de revient des traitements deviennent proportionnellement faibles.

[1] Les rendements moyens en tubercules sont en général (sauf dans les centres de culture très intensive) inférieurs en Amérique à ce qu'ils sont en France, et, par rapport au coût général de la vie, le cours des pommes de terre est relativement plus bas qu'en France ces dernières années.

[2] Renseignements obligeamment communiqués par le Dr Huckett de la Station expérimentale de Riverhead N. Y.

[3] En 1930, le prix des produits courants oscillait autour de 25 cents le kilogramme. En 1934, d'après Rohwer, on comptait au détail des prix analogues pour les composés à base de plomb et de chaux, et de 40 cents environ pour les acéto-arsénites de cuivre; pour de grosses quantités, il y a sur ces prix une réduction de 50 à 70 p. 100.

Lutte contre le Doryphore par voie biologique et par voie culturale. — La protection volontaire, ou l'élevage artificiel, des parasites et prédateurs indigènes attaquant le Doryphore, ne semble pas avoir été prise en considération, malgré l'application de techniques de cet ordre à la lutte courante dirigée contre d'autres ravageurs.

Il n'y a pas, non plus, emploi en Amérique, de variétés de pommes de terre résistant à proprement parler aux ravages de l'insecte (c'est-à-dire ayant une immunité naturelle en dehors des influences des époques et des techniques de plantation) et aucun essai précis ayant laissé des traces ne semble avoir été fait pour isoler ou obtenir de telles variétés.

Certaines techniques culturales sont parfois conseillées aux agriculteurs dans le but de réduire les dégâts causés par le Doryphore, mais il est difficile de préciser dans quelle mesure elles sont actuellement suivies et quelle en est la valeur réelle.

Batchielder, qui les a étudiées, indique que plus le buttage printanier est effectué précocement et remonte la terre à une grande hauteur, plus faible est le degré de contamination des plantes. Dans deux champs d'essais, les degrés d'infestation doryphorique furent de 13 et 63 p. 100 pour les plantes buttées, contre 50 et 97 p. 100 pour les pieds témoins voisins, c'est-à-dire n'ayant reçu qu'un buttage bas.

Si l'on ramène moins fréquemment la culture des pommes de terre sur les mêmes champs on diminue beaucoup le degré d'infestation doryphorique des cultures. Les expériences de Batchelder sont très nettes à cet égard : sur des champs divisés en deux parcelles situées côte à côte, une parcelle correspondant à une luzernière défrichée, l'autre à un terrain précédemment cultivé en pommes de terre et envahi par le Doryphore, les degrés d'invasion doryphorique furent respectivement de 2, 32, 2 et 24 pour les premières parcelles, contre 87, 76, 28 et 56 pour les secondes.

Les repousses de pommes de terre sortant au printemps dans les champs de céréales jouent le rôle de véritables «réserves pour les insectes», aussi importe-t-il d'en réduire le nombre en faisant à l'automne de très sévères ramassages de tubercules (Batchelder).

Mesures prises pour arrêter la propagation naturelle du Doryphore. — La Californie n'étant pas envahie par l'insecte, des mesures phytosanitaires spéciales ont été prises pour compléter l'action des barrières naturelles, en l'occurence de la Sierra Nevada. Les mesures adoptées consistent en une inspection à l'entrée du territoire de toutes les plantes ou parties de plantes introduites, le tout accompagné de destructions ou de refoulement des lots contaminés et de désinfection des lots douteux[1].

[1] Pour les techniques de désinfection des végétaux suivies aux États-Unis se reporter à l'étude M. Marchal et P. Vayssière (*Annales des Épiphyties*, p. 121-183, 1925.)

CONCLUSIONS.

Des enseignements fondamentaux pour l'Europe ressortent des observations faites sur le Doryphore en Amérique.

Dans le genre *Leptinotarsa,* le Doryphore apparaît comme une espèce remarquable par ses faibles exigences écologiques. Grâce à ce caractère, il lui fut possible d'envahir assez récemment les cultures de pommes de terre, de ravager celles-ci,



Fig. 10. — *Place sur l'hémisphère nord des isothermes moyens annuels 0° et 20°, entre lesquels l'invasion doryphorique est située en Amérique du Nord.*

et de se répandre sur de vastes territoires, alors que des formes très voisines restèrent toujours cantonnées dans leur petit habitat d'origine, l'Amérique centrale, et ne quittèrent pas les Solanées sauvages.

Le même caractère permet à l'insecte de s'établir dans les sols les plus variés : sols sablonneux ou argileux, secs ou humides, et de se propager sous des climats très divers.

Le Doryphore ne s'élève pas dans les montagnes au delà des altitudes de 1.700 à 2.000 mètres selon les latitudes. Son aire de distribution géographique est comprise entre les isothermes moyens annuels 0° et 20°, ce qui correspond, sur l'Ancien Continent, aux territoires situés entre la Norvège et l'Atlas inclus.

Le principal mode de propagation suivant lequel l'insecte a envahi l'Amérique du Nord est le vol automnal; les vols printaniers de courtes durées viennent ensuite

comme importance, et en dernier lieu, se placent les transports réalisés par les véhicules humains ou par les cours d'eau.

Le sens des migrations correspond surtout à celui des vents dominants d'automne, avec quelques variantes apportées par les voies de circulation humaine et les grandes artères hydrographiques.

Les grandes étendues d'eau (comme le Mississipi et les Grands Lacs) et les montagnes de 800 mètres d'altitude moyenne percées de larges vallées (Alleghany) n'ont nullement arrêté la progression doryphorique ; un seul obstacle, le massif des Montagnes Rocheuses, s'est pendant un certain temps opposé aux déplacements de l'insecte. A l'heure actuelle, il est presque complètement franchi, à la suite de l'intensification de la circulation humaine. La France et les autres pays d'Europe ne présentent aucune barrière géographique de cette importance.

Les conditions de sol et de climat favorisant une grande multiplication du Doryphore sont peu éloignées de celles qui permettent à la pomme de terre une bonne végétation, et par conséquent, sa culture intensive : un sol sablonneux et profond ; des températures moyennes des trois mois de l'été oscillant autour de 21° C. ; le degré hygrométrique de l'air en été compris entre 60 et 80° ; des pluies estivales assez fréquences.

Il existe en Amérique un petit nombre de régions où la culture de la pomme de terre peut être développée sans dégâts graves du Doryphore ou même sans l'insecte. Ces régions présentent l'un des caractères agrologiques suivants :

1° Cultures de pommes de terre précoces faites uniquement pour la production de primeurs et établies dans des régions chaudes et n'ayant que peu d'autres Solanées en été ;

2° Cultures établies à plus de 1.500 mètres d'altitude, dans des régions à atmosphère très sèche, sans précipitations atmosphériques en été, et à sols abondamment irrigués ;

3° Cultures établies au voisinage immédiat de la mer, dans des régions fraîches, pluvieuses et présentant, l'été, des brouillards froids très fréquents ;

4° Cultures faites dans des régions à climat continental, très froid en hiver, et dont le sol ne reçoit alors presque pas de neige.

En un même lieu, la pullulation naturelle du Doryphore varie beaucoup d'une année à l'autre, les variations présentées résultant de l'action des parasites, des prédateurs et du climat. Les étés doux et moyennement pluvieux amènent la prolifération maxima de l'insecte et si des automnes chauds et secs leur font suite, de grandes dispersions se produisent. Par contre, des périodes de grandes chaleurs, de grandes sécheresses ou de pluies très abondantes, provoquent des ralentissements de la multiplication de l'espèce.

L'abondance et la distribution du Doryphore est telle en Amérique du Nord, que sur les quatre cinquièmes des cultures de pommes de terre faites sur ce Continent, des traitements insecticides doivent être effectués chaque année.

Les cultures de Tomates ne sont gravement attaquées qu'au voisinage des champs de pommes de terre ravagés et dans les plantations de tabacs à fumer on ne se plaint d'aucun ravage.

Les plantations de pommes de terre qui échappent à des soins annuels obligatoires sont réparties par moitié entre des territoires encore protégés contre l'invasion de l'insecte (Californie) et ceux, déjà cités, sur lesquels l'insecte ne vit pas ou demeure peu nuisible.

Le caractère obligatoire des traitements se comprend aisément par la connaissance de la prolifération naturelle de l'espèce. En zone de développement normal du Doryphore, les champs non soignés, après la seule génération printanière de l'insecte, présentent en août, jusqu'à deux millions d'insectes parfaits par hectare de plantation.

Les traitements antidoryphoriques les plus couramment utilisés en Amérique, consistent en pulvérisations ou en poudrages de composés arsenicaux, les applications étant faites deux ou trois fois par an et débutant au moment de l'apparition des jeunes larves au printemps.

Les sels arsenicaux les plus employés sont les arséniates diplombiques et de chaux, mais depuis peu, le vert de Paris revient en honneur, surtout pour les poudrages.

L'habitude des traitements antidoryphoriques a été d'autant mieux adoptée par les cultivateurs américains que le prix de revient des opérations à faire est relativement bas; il ne s'élève environ qu'à 3 à 4 p. 100 du prix des récoltes (soit deux à trois fois moins que les mêmes opérations faites en France). Les raisons de ce pourcentage réduit sont surtout à rechercher dans les faits suivants : une sélection sévère des appareils et des insecticides; une surveillance exercée par l'État sur le marché des produits antiparasitaires; l'emploi très généralisé, dans les régions humides, de traitements «mixtes»; une organisation des cultures se prêtant au développement du machinisme.

Le montant des frais de la lutte dirigée contre le Doryphore, oscillerait aux États-Unis, ces dernières années, entre 10 et 15 millions de dollars annuellement (250 à 370 millions de francs, cours 1930) pour une production en tubercules dont la valeur avoisinerait 450 millions de dollars (11 milliards de francs).

Si le fait que les cultures de pommes de terre continuent à prospérer en Amérique malgré le Doryphore est de nature à nous rassurer en partie sur l'avenir de la même culture en France, les chiffres précités nous donnent un ordre de grandeur des dépenses minima annuelles à considérer. La France est, en effet, entièrement comprise dans la zone de pullulement possible de Doryphore, et sa surface de cultures de pommes de terre (1 million et demi d'hectares) est sensiblement égale à celle envahie par l'insecte aux États-Unis. De plus, la valeur marchande de ses récoltes annuelles en tubercules est à peine supérieure à la moitié de celle des récoltes américaines, ce qui contribuera à rendre pour elle les frais de lutte particulièrement lourds, même s'ils ne dépassent pas ceux relevés aux États-Unis.

L'importance des sommes considérées indique l'intérêt qu'il y a à faire bénéficier, si possible, notre agriculture au moins des mêmes avantages que ceux dont dispose la culture américaine : parasites naturels destructeurs de l'insecte; et possibilités d'effectuer de bons traitements courants à des prix ne dépassant pas 4 p. 100 de la valeur des récoltes.

Elle montre en outre que, même si ces deux points étaient atteints, il y aurait encore grand avantage à réduire davantage les frais de lutte contre le ravageur et à chercher une compensation de ceux-ci dans une production améliorée. A cet égard pendant longtemps, toutes les études faites sur le Doryphore, même dirigées dans des voies non encore suivies, seront d'actualité. La biologie, l'écologie et la physiologie de l'insecte présentent encore beaucoup d'inconnues et de leur meilleur connaissance, de nouvelles applications ne manqueront certainement pas de découler.

Une généralisation des traitements antidoryphoriques, si elle est associée au développement de la lutte courante contre le Mildiou de la pomme de terre, provoquerait un accroissement de la qualité des récoltes qui aiderait aussi à couvrir les frais de lutte engagés.

BIBLIOGRAPHIE.

1925. Batchelder (C.). — Fluctuation in the Distribution of the Colorado Potato Beetle. (*Journ. of Agric. Research.*, vol. XXXI, n° 6.)

1918. Breitenbecher (I. K.). — The relation of water to the behavior of the Potato Beetle in a desert. (*Carnegie Instit.*, pub. 427.)

1925. Brittain (W. H.). — Some miscellaneous Insecticide Tests. (*Proc. Acadian Ent. Soc.*, n° 10.)

1865. Burt (H.). — Potato Beetle. New-York.

1920. Calvino (M.), Ramirez (R.), Requelme Inda (J.). — El jitomate y sus infermedades. (*Direc. Agric. Mexico. N. S.*, Bol. 107.)

1915. Cameron (A. E.). — Potato Spraying and Dusting in New Jersey U. S. A. (*Bull. Entom. Research.*)

1913. Ceasar (L.). — Arsenite of Zinc as a substitute for Arsenate of Lead. *Ann. Rep. Ent. Soc., Ontario.*)

1907. Chittenden (F. H.). — (*U. S. Dept. Agric. Bur. Entom.*, Cir. 87.)

1911. ——— — Notes on various Truck-crop Insects. (*U. S. Entom. Div.*, Bull. 82.)

1914. ——— — The Colorado Potato Beetle migrating to the Pacific Coast. *Jl. Econ. Entom.*, VII.)

1923. Chittenden (F. H.). — Increasing the Potato crop by spraying. (*U. S. Dept. Agric Farm.*, bull. 1349.)

1910. Cooley (R. A.). — Notes on the ten-lined Potato Beetle in Montana. *Jl. Econ. Entom.*, vol. 3.)

1925. ——— — Montana Insects Pest for 1923-1924 (*Montana Agric. Exper. Sta.*, bul. 170.)

1870. Collins (C. C.). — Colorado Potato Beetle. (*Amer. Ent. and Bot.*, vol. 2.)

1917. Criddle (N.). — Precipitation in Relation to Insect Prevalence and Distribution. (*Canad. Entom.*)

1919. ——— — Some Insects Problems in the Prairie Provinces. (*49th. Ann. Bot. Entom. Soc. Ont.*).

1920. Dutton (W. C.). — Dusting and Spraying Experiments of 1918 and 1919. (*Mich. Agric. Exper. Sta.*, bull. 102.)

1923. Eastham (J. W.). — The Colorado Potato-Beetle in British Columbia. (*Br. Col. Dept. Agr.*, cir. 2.)

1861. Edgerton (J.). — Potato Insects. (*Prairie Farmer.*)

1915. Ellis (W. O.). — *Leptinotarsa decemlineata* Say. (*Journ. Econ. Entom.*, vol. 8, n° 6.)

1925. Fink (D. E.). — Physiological Studies on Hibernation in the Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata.* (*Biol. bull. Mar. Biol. Lab.*, t. XIX, n° 5.)

1926. Fink (D. E.). — Physiological Studies of the effect of Arsenicals on the respiratory metabolism of insects. (*Jl. Agric. Res.*, XXXIII, n° 11.)

1925. Gibson (A.), Corham (R. P.), Hudson (H. F.) and Flock (J. A.). — The Colorado Potato Beetle in Canada. (*Canada Dep. Agric.*, Bull. 52 n. s.)

1870. Gillman (H.). — The progress of the (Colorado) Potato Bug. (*Ann. Ent. and Bot.*, vol. 2, p. 84-85.)

1873. —— — The Colorado Potato Beetle varying its food. (*Ann. nat.*, vol. 7, p. 430-431.)

1908. Girault (A. A.). — Further biological notes on the Colorado Potato Beetle, including observations of the number of generations and length of period of oviposition. (*Ann. Ent. Soc. Amer.*)

1907. Girault (A.), Arsene and Rosenfeld (A. H.). — Biological notes on the Colorado Beetle with technical description of its stages, (*Psyche*, vol. XIV.)

1911. Girault (A. A.). and Zetak (J.). — Further biological notes on the Colorado Potato Beetle, including observations on the number of generations and length of the period of oviposition. II. (*Ann. of Ent. Soc. Amer.*, vol. 4.)

1922. Gorham (R. P.). — Insects Pests of the year 1922 in New-Brunswick. (*Proc. Acad. Entom. Soc.*)

1917. Gossard (H. A.). — The Colorado Potato Beetle, Hand Picking and Arsenicals advised for Tuber Crops. (*Monthly. Bull. Ohio. Agric. Exper. Sta.*)

1918. Gorham (S. A.). — Potato spraying in Minnesota. (*17th Rpt. Minnesota State Ent. Agric. Exp. Sta.*)

1865. Hazen (R. W.). — Colorado Beetle. (*New York Semi weedkly Tribune.*)

1870. Holman (D. S.). — Colorado Beetle around Springfield. (*Am. Ent. and Bot.*, vol. 11.)

1928. Huckett (H. C.). — Dusting and spraying. Experiments with Potatoes on Long Island in 1927-1928. (*Cir. N. Y. Agric. Experim. Sta.*, n° 98-108.)

1916. Johnson (P. W.) and Ballinger (A. M.). — Life history Studies of Colorado Potato Beetle. (*Journ.tAgric. Research.*)

1919. Leiby (R. W.). — The spraying of Irish potatoes. (*Bull. N. C. Dep. Agric.*, 40, n° 3.)

1920. Leiby (R. W.). — Spraying Irish Potatoes. (*North. Carol. Agric. Ext. Serv.*, cir. 103.)

1920. Mc Call (T. M.). — Potato insect control. (*Minnesota Sta. Rep.*, 1920, p. 112-113.)

1926. Mc Indoo (N. E.). — An Insect olfactometer. *Journ. of Econ. Entom.*, XIX, n° 3.)

1918. Macoun (W. T.). — The Potato in Canada its Cultivation and Varieties. (*Canad. Dept. Agric. Div. Hort.*, bull. 90.)

1924. Marcovitch (S.). — New Insecticides for the Mexican Bean Beetle and other Insects. (*Tennesse Agric. Exp. Sta.*, bull. 131.)

1926. —— — Supplementary Investigations on the Fluosilicates as Insecticides. (*Tenn. Agric. Exper. Sta.*, bull. 1934.)

1926. —— — The toxic values of certain Fluorides. (*Jl. Econ. Ent.* XIX, n° 5.)

1913. Morrill (A. W.). — Entomological Pioneering in Arizona. (*Jl. Econ. Entom.*, VI.)

1920. Neifert (I. E.) and Garrison (G. L.). — Experiments on the toxic action of certain gases on Insects. (*U. S. dept. Agric.*, bull. 893.)

1876. Packard (A. S.). — The Colorado Potato Beetle in Massachussets. (*Sci. Farmer*, vol. 1.)

1887. Phares (D. L.). — The Potato Beetle in the South. (*U. S. Dept. Agric. Insect life*, vol. II.)

1909. Popenoe (C. H.). — The Colorado Potato Beetle in Virginia in 1908. (*R. S. Dept. Agric.*, bull. 82, part. I.)

1876. Provancher (L.). — (*Naturaliste Canadien.*)

1921. Ramirez (R.). — Plagas de la Agricultura en el Distrito Federal. (*Rev. Agric. San Jacinto*, n° 9.)

1872. Reed (E. B.). — Insects Injurious to the Potato. (*Ann. Rept. Ent. Soc. Ont.*)

1919. Reinhart. — (*Entom. news*, p. 282.)

1869. Riley (C. V.). — (*First Annual report State Entomologist Missouri.*)

1871. ——— — (*The Third Annual report of the State Entom. of Missouri.*)

1876. ——— — Potato Pest.

1882. ——— — Change of habit of two new ennemies of the Egg plant. *Amer. nat.*, vol. XVI.)

1892. ——— — The Colorado Potato Beetle in the South. (*U. S. Dept. Agric. Insect. life*, vol. I.)

1872. Rogers (R. V.). — Doryphora 10 lineata. (*Canad. Ent.*, vol. IV.)

1930. Ruggles. — The Colorado Potato Beetle. (*Plant. Quarantine inform., Month. Bull. Dept. Agric.*, XIX, n°s 3-4.)

1871. Saunders (W.). — Report of an inquiry in regard to the prevalence and ravages of the Colorado Potato beetle in the western portion of Ontario.

1824. Say (T.). — (*Journ. of Acad. of Nat. Sciences of Philadelphia*, vol. III.)

1923. Schultz (E. E.) and Folsom (D.). — Transmission, variation and control of certain degeneration diseases of Irish Potatoes. (*Jl. Agri. Res., XXV*, n° 2.)

1919. Severin (H. C.). — The Colorado Potato Beetle. (*South Dakota State Entom. Off.*, cir. 13.)

1866. Shimer (H.). — Notes on *Doryphora 10-lineata.* (*Prac. Entom.*, vol. I.)

1870. ——— — Injurious Insects to the Potato. *Am. nat.*, vol. III.)

1894. Smith. — (*Report N. Jersey Agric. Expt. Stat.*)

1915. Smith (L. B.). — Insecticides for the Control of Colorado Potato Beetle. (*Virgn. Truck Expt. Sta.*)

1913. ——— — Second Report on Insecticides for the Control of the Colorado Potato Beetle. (*Virgin. Truck Exper. Sta.*, bull. 17.)

1917. ——— — Control of some Garden Insects. (*Virgin. Truck Exper. Sta.*, bull. 23.)

1919. Swenk (M. H.). — The Colorado potato beetle and its control. (*Nebr. Potato. Imp.Ass. Ann. Rept.*)

1900. Tower (W. L.). — (*Science N. S.*, vol. 12, p. 372-438-440.)

1900. ——— — On the origin and distribution of *Leptinotarsa decemlineata* Say, and the part that some of the Climatic Factors have played in its Dissemination. (*Proceed. Amer. Ass. Adv. Sci.*, vol. 49.)

1906. ——— — An investigation of evolution in Chrysomelid Beetle of Genius *Leptinotarsa.* (*Carnegie Inst. of Wash.*)

1917. ——— — Inheritable Modification of the Water Relation in Hibernation of *Leptinotarsa decemlineata.* (*Biol. Bull. Maine Biol. Lab.*)

1918. ——— — The mechanism of evolution in *Leptinotarsa.* (*Carneg. Instit. Wash.*)

1920. Treherne (R. C.). — Insects for the year 1919. (*Agric. Journ. Victoria B. C.*)

1921. Treherne (R. C.) — The Colorado Potato Beetle. The well-known eastern Potato bug in British Columbia. (*Agric. Jl. Victoria B. C.*, n° 7.)

1918. Waid (C. W.). — Tomato growing in Michigan. (*Mich. Agric. Exper. Sta.*, bull. 89.)

1865-66. Walsh (B. D.). — (*Practical Entom.*, vol. I, II.)

1868. —— — The Colorado Potato Bug. Its post history and future progress. (*Ann. Entom. and Bot.*, vol. I, p. 41-49.)

1914. Watson (J. R.). — Tomato Insects, Root-Knot and White-Mold. (*Florida Agric. Exper. Sta.*, bull. 125.)

1915. Webster (R. L.). — Potato Insects. (*Iowa State Coll. Agric. Exper. Sta.*, Bull. n° 155.)

1897. Weed (H. E.). — The Colorado Potato Beetle in Missisipi. (*Mich. Agric. and Mech. Coll. Exp. Sta.*, bull. 40.)

1928. White (G. F.). — Potato Beetle septicemia, with the proposal of a new species of bacterium. (*Ent. Soc. Wash. Proc.*, n° 4, p. 71-72.)

1889. Wheeter (M.). — The Embryology of *Blatta germanica* and of *Doryphora decemlineata*. (*Journ. of Morphology*, n° 3.)

1920. Whitehouse (F. C.). — Entomological Report for 1920. (*Ann. Rept. Dept. Agric. Alberta.*)

1921. Zimmerley (H. H.), Geise (F. W.) and Willey (C. R.). — Dusting Vegetable crops in Eastern Virginia. Preliminary Report. (*Virg. Truck Exper. Sta.*, bull. 35-36.)

ADDENDUM

à propos de la synonymie donnée page 280.

Depuis la mise sous presse de ce mémoire, de récentes études ont conduit M. Mesnil à penser qu'il est difficile de maintenir une séparation entre les genres *Leptinotarsa* et *Chrysomela*, surtout si l'on prend comme caractère de ce dernier, la ciliation des épipleures à l'extrémité des élytres. (Balachowsky et Mesnil, *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées*. Paris, 1935-1936.

REMARQUES

SUR LA DISSÉMINATION DU DORYPHORE EN 1935

par A. Chappellier et M. Raucourt.

L'invasion doryphorique a fait au printemps de 1935 des progrès énormes en France. Non seulement la zone contaminée a subi une extension inusitée, mais la densité des insectes dans les régions peu envahies s'est accrue de façon massive. Un voyage d'étude dans une dizaine de départements du Centre nous a permis de rassembler sur cette question une série de renseignements qu'il nous paraît utile de faire connaître [1].

Le fait caractéristique est celui-ci : *la dissémination de l'insecte au printemps s'est faite surtout à longue distance, par déplacement de vols groupant un grand nombre d'individus.* De tels vols, observés déjà en Amérique, ne semblent pas avoir été signalés précédemment en France ; on avait bien noté chez nous des déplacements de quelques kilomètres, mais il s'agissait surtout d'adultes isolés créant de petits foyers en avant de la zone contaminée.

Le départ des grands vols n'a pas encore été décrit ; par contre, la chute simultanée de nombreux individus a été notée à plusieurs reprises.

*
* *

Effectif des vols. — Ces rassemblements comportent des effectifs considérables. Dans un cas particulier, on a pu en faire l'évaluation. Sur la commune de Moulisme (Vienne), le domaine de La Chérie, appartenant à M. Betoulle, n'avait subi antérieurement qu'une invasion assez faible. Cette année, un champ de pommes de terre situé tout près de la ferme et qu'on surveillait activement se montra exempt d'insectes jusqu'au 9 juin. Le 10, on y découvrit une telle abondance d'adultes qu'un ramassage fut organisé. Sur une surface de 840 mètres carrés, 7 personnes recueillirent et comptèrent 5.000 Doryphores. Le champ ayant environ 1 hectare et la densité paraissant la même partout, on peut évaluer à 60.000 le nombre des insectes apparus en vingt-quatre heures. Ceux-ci n'ont pu être produits dans le champ même, qui était cultivé en lotier depuis quatre ans ; l'invasion doryphorique avait d'ailleurs été assez faible jusqu'alors

[1] Nous tenons à remercier ici les personnes auprès desquelles nous avons pu nous documenter avec précision, notamment les Directeurs des Services agricoles et MM. Aufort, Marcel Beissat, maire du Dorat, Betoulle, Guyot, de Latour.

dans la commune. On ne peut expliquer le phénomène que par la chute d'un vol provenant d'une autre région.

Les journées du 8 au 10 juin semblent correspondre dans tout le centre de la France à un envol général des Doryphores qui avaient hiverné.

Points d'atterrissage. — Les Doryphores sont-ils guidés dans leur vol par un sens ou un instinct qui les amène dans les champs de pommes de terre? Si un tel sens existe, il est souvent en défaut. On a bien assisté parfois à des chutes nombreuses d'insectes sur les pieds de pommes de terre, mais, en d'autres cas, les vols s'abattent au hasard, et même dans les villes.

Déjà en 1934, les rues du Dorat (Haute-Vienne) avaient été envahies par un grand nombre de Doryphores que les piétons et les autos écrasaient par centaines.

Ces chutes de nombreux insectes se multiplient en 1935 : à Montmorillon, boulevard de Strasbourg, le 25 juin; à Nevers, dans la cour du lycée et dans l'usine à gaz; à Clamecy dans l'usine de la Société Progil; dans les jardins de Bourges. Dans l'Allier des vols s'abattent sur les prairies. Dans la Nièvre, on a pu assister à l'atterrissage d'un vol important, une partie sur un champ de pommes de terre, le reste dans d'autres cultures.

Direction générale des vols. — Dans l'ensemble, les vols paraissent se diriger vers le Nord-Est. L'action des vents doit intervenir. On a notamment incriminé des orages aux environs du 12 et du 26 juin 1935 (1). Cependant, les grandes sorties et les vols du 8 au 10 juin ont eu lieu avant le début des vents violents.

Il est possible aussi que les déplacements aient lieu vers d'autres directions que le Nord et l'Est, mais, dans ce cas, ils n'attirent pas l'attention, car les insectes s'abattent sur des zones déjà fortement contaminées.

En faveur de l'hypothèse d'une direction privilégiée nord-est dans les déplacements des Doryphores adultes, on peut cependant indiquer qu'à notre connaissance on n'a jamais signalé que des insectes soient tombés nombreux sur nos plages de l'Atlantique ou en mer.

La question de l'orientation des vols pourrait être éclairée par l'observation des troupes se déplaçant au sol. Les cas n'en sont pas rares. Ainsi on a pu voir, dès les premiers jours de juin (avant les journées chaudes du 8 au 14) dans l'ouest de la Creuse, une route traversée par une bande de Doryphores marchant en rangs serrés.

Relation entre les vols et les conditions climatiques. — L'explication des vols importants constatés en 1935 et de la dispersion de l'insecte qui en est résultée, peut être trouvée, au moins en partie, dans les conditions climatiques depuis l'automne 1934.

(1) Des observations sur ce sujet ont été présentées en juin 1935 à la Société météorologique de France et à d'autres sociétés, par M. A. Bramard, Secrétaire de la Commission météorologique de l'Allier.

Le climat de l'année dernière a été très favorable à une multiplication tardive du Doryphore : atmosphère humide, température moyenne élevée, absence de gelées. Il s'est produit souvent, en septembre, une troisième apparition d'insectes parfaits. La récolte de pommes de terre étant sauvée à ce moment, les traitements tardifs ont été négligés. Une grande partie des insectes a pu descendre en terre dans de bonnes conditions pour l'hibernation.

Le printemps de 1935, plus froid que la normale, a retardé les déplacements des insectes. Les premiers sortis [1] n'ont pas quitté les repousses de pommes de terre, rentrant dans le sol à chaque journée froide. Il s'est ainsi constitué à ras du sol une masse d'adultes prêts à s'échapper à la première occasion favorable.

Celle-ci s'est produite, dans les départements du Centre, le 8 juin et les jours suivants, où les températures moyennes ont oscillé entre 14° et 22°. C'est alors qu'ont eu lieu les vols compacts dont nous avons cité des exemples.

Ces vols ont d'ailleurs été suivis de déplacements individuels favorisés par les vents d'orage. Il est visible, en effet, que dans un champ fortement contaminé par les adultes, ceux-ci disparaissent pour la plupart aussitôt les premières pontes. On peut admettre que les femelles vont continuer de pondre en d'autres points. Mais elles se déplacent alors isolément. On nous a signalé qu'un champ de pommes de terre ayant été envahi brusquement à l'arrivée d'un vol, les champs voisins restèrent indemnes pendant plusieurs jours, puis furent à leur tour contaminés, mais de façon très progressive.

Distances parcourues par le Doryphore. — Il est évidemment difficile de connaître l'espace parcouru par un vol d'insectes s'abattant dans une région. La constatation d'invasions massives, en certains points, permet cependant d'évaluer l'ordre de grandeur de ces distances.

Ainsi, dans l'est de la Creuse, où les premiers Doryphores sont apparus il y a 4 ans, il existait encore en 1934 des localités indemnes. En juin 1935, pratiquement, tous les champs de pommes de terre se sont trouvés attaqués et, à la fin du même mois, on relevait couramment, dans les terroirs jusqu'alors privilégiés, de trente à quarante larves par pied. Le gros des insectes ainsi apparus ne pouvait provenir que de l'ouest du département ou de la Haute-Vienne, soit d'au moins 50 kilomètres.

Dans le Cher, sur une zone de 140.000 hectares, soit le 5e du département, on n'avait trouvé en 1934 qu'un très petit foyer et, en un autre point, un adulte isolé. Cette année, toute cette région s'est trouvée contaminée d'un seul coup à la même date.

Dans la Nièvre, il n'y avait l'année dernière qu'une cinquantaine de petits foyers qui ont tous été traités sérieusement ; en juillet 1935, les 313 communes du département sont envahies, souvent de façon intense.

[1] Il serait intéressant d'observer comment se comportent les insectes qui, enterrés à l'automne dans un champ de pommes de terre, sortent du sol au printemps dans une autre culture, le plus souvent une céréale.

Ces deux derniers départements, et aussi l'Allier, n'ont pu recevoir leurs envahisseurs que de la zone fortement contaminée que nous avons déjà signalée : Vienne, Haute-Vienne, ouest de la Creuse. Le déplacement représente alors une distance de 150 à 200 kilomètres.

Un cas encore plus typique est celui des Vosges qui, complètement indemnes de Doryphore en 1934, ont vu cette année près de la moitié de leurs communes envahies (252 sur 532). La distance qui les sépare des gros foyers est alors de 350 kilomètres.

Dans ce dernier cas, la progression n'est pas due seulement aux vols massifs, mais aussi aux déplacements d'insectes plus ou moins isolés qui leur ont succédé pendant plusieurs semaines. Au contraire, pour les départements précédemment cités, il s'agit bien de l'essaimage de juin, puisqu'on a vu à plusieurs reprises l'atterrissage des vols d'insectes, et que la contamination s'est faite en quelques jours.

Une des conséquences de cette activité anormale du Doryphore est le déplacement des limites de la zone contaminée, et ici, on peut citer des chiffres précis.

A la fin de 1934, les foyers les plus rapprochés de la frontière belge se trouvaient à la limite de l'Aube et de la Marne. Vers le 10 juillet 1935, on voyait des adultes dans le nord des Ardennes, et, dans cette direction, l'insecte est parvenu en cours de saison au voisinage de la frontière hollandaise (à 20 kilom. de Maëstricht); la distance entre les deux points extrêmes est de 250 kilomètres.

CONCLUSIONS.

Les déplacements du Doryphore au vol peuvent revêtir deux aspects :

1° Vols d'insectes isolés, parcourant quelques centaines de mètres ou quelques kilomètres seulement, à moins qu'ils ne soient entraînés par des vents violents. C'est le cas le plus fréquent, presque seul observé en France jusqu'à présent. Ces vols peuvent se produire pendant toute la saison;

2° Essaimages de grandes troupes couvrant des distances considérables, avec ou sans l'aide du vent. Il ne semble pas qu'on les ait observés chez nous avant 1935. Ils ne se produisent d'ailleurs qu'au printemps, quand les conditions climatiques sont tout à fait favorables. Ils aboutissent à créer d'emblée, et souvent à grande distance, des foyers d'invasion très denses, comme il ne s'en constitue dans les cas ordinaires qu'au bout de plusieurs années.

ESSAI DE L'ACTION, SUR DIFFÉRENTS RONGEURS,
DU *BACILLUS TYPHI MURIUM*
CULTIVÉ DANS DES GRAINS DE SEIGLE.
(NOUVEAU PROCÉDÉ DE CULTURE DU SERVICE DES VIRUS DE L'INSTITUT PASTEUR DE PARIS.)
COMPARAISON AVEC LE VIRUS EN AMPOULES

par A. Chappellier,

Directeur de laboratoire, Chef du Service des Vertébrés
au Centre national de Recherches agronomiques.

Au laboratoire de M. le docteur Salimbéni, à l'Institut Pasteur de Paris, Mlle Mathilde Zirnhelt [1] a étudié le développement du *Bacillus typhi murium* dans la graine de différentes céréales. Ses recherches ont abouti à une réalisation pratique et le virus en ampoules est, depuis quelques mois, presque complètement remplacé par une culture de *Typhi murium* dans des grains de seigle.

Avant qu'ait été terminée la mise au point du nouveau milieu, c'est-à-dire avant qu'il ait atteint toute son efficacité actuelle, M. le docteur Salimbéni avait bien voulu me remettre, à différentes reprises, des flacons d'essai [2].

Ceci m'a permis de voir comment les Rongeurs acceptaient le nouvel appât, d'éprouver son action sur plusieurs espèces et de la compararer avec celle du virus en ampoules.

Pour faire paraître les résultats de mes essais, j'ai attendu que le virus-seigle soit présenté sous sa forme définitive.

CONCLUSIONS.

La culture de *B. typhi murium* dans des grains de seigle a été généralement bien acceptée par les Rongeurs (dix espèces) auxquels on l'a présentée, souvent en présence de leur nourriture habituelle.

Sur deux *Ragondins,* l'action du virus-seigle a été nulle ; l'espèce paraît complètement réfractaire au *B. typhi murium.*

(1) Mlle Mathilde Zirnhelt. Un nouveau milieu de culture particulièrement favorable au développement et à l'entretien de la virulence du *B. typhi murium.* Comptes rendus Acad. Sc., t. 199, p. 541, séance du 27 août 1934.

(2) L'essai de contamination chez le Campagnol d'eau et un essai sur Surmulots ont été faits longtemps après les autres, avec du virus seigle commercial.

Un des deux *Rats musqués* a pris très volontiers l'appât et est mort en 5 jours 1/4 [1].

Pour le *Campagnol des champs*, le virus-seigle serait un appât de choix.

Le *Campagnol roussâtre* est irrégulier et beaucoup moins sensible que le Campagnol des champs.

Le *Mulot jaune* offre quelques sujets particulièrement résistants, il en est de même avec la strychnine.

Cinq *Rats des moissons* étaient captifs depuis 11 mois : ils ont été tués entre 5 et 8 jours, et par du seigle sulfaté. Donc, très grande réceptivité.

L'essai sur *Campagnol d'eau* a été fait en octobre-novembre 1934, avec un flacon de virus-seigle commercial. Mis d'abord à côté de la nourriture habituelle, le seigle paraît ne pas avoir été touché. Le jour suivant, ce même appât a été présenté seul et le Campagnol en a mangé une forte portion. La mort est survenue presque aussi rapidement qu'avec le virus-ampoule. Un essai de contamination avec un deuxième sujet a donné un résultat négatif.

Le *Surmulot* m'a fourni, au laboratoire, des chiffres sensiblement plus élevés que ceux indiqués par Mlle Zirnhelt dans sa note à l'Académie du 27 août 1934 : Mlle Zirnhelt a obtenu 7 et 9 jours avec un virus-seigle âgé de plus de 17 mois; j'ai eu 14 jours avec virus-seigle âgé de 24 jours et 17 à 18 jours avec seigle âgé de 6 jours.

Ce qu'il est important de constater, c'est l'action certaine du virus-seigle sur le Surmulot, que l'on pouvait considérer comme presque complètement réfractaire au virus-ampoule. Des essais hors laboratoire seront nécessaires pour confirmer pratiquement cette précieuse qualité du virus-seigle. Déjà, M. le docteur Salimbéni a eu, par plusieurs expérimentateurs, des résultats tout à fait affirmatifs. Pour ma part, j'ai vu, dans un magasin fréquenté par des Surmulots, à deux reprises différentes, le virus-seigle être parfaitement accepté. Au mois d'octobre 1934, notamment, du virus-seigle commercial a complètement disparu, liquide et grains, même en plein jour.

Il apparaît donc que la culture de *Bacillus typhi murium* dans des grains de seigle, telle que l'a créée et mise au point le Service des Virus de l'Institut Pasteur de Paris, par la facilité de son emploi, par sa bonne et longue conservation (environ un an), par les résultats qu'elle donne sur nos principaux Rongeurs nuisibles, est un remarquable perfectionnement de la technique du virus.

[1] Le second *Rat musqué* n'a presque pas touché à son seigle et n'est mort qu'après 24 jours. Il s'agissait d'un virus-seigle préparé avec du grain qui avait été traité au sulfate de cuivre, comme semence. Ce sulfatage, accidentel, et connu seulement après mise en culture du virus a eu également un effet retardateur très net chez le *Mulot jaune* et surtout chez la *Souris*. L'influence du cuivre ne s'est aucunement fait sentir sur le *Campagnol des champs*.

COMPTE RENDU DÉTAILLÉ DES ESSAIS.

1er essai. — 11 mai 1933 : virus-seigle du 18 avril 1933.

Surmulot n° 6 : jeune pesant 66 grammes, capture du 28 mars 1933.

11 mai : on enlève la nourriture habituelle; on met 20 grains de seigle.

12 mai : le Rat a mangé 15 grains. Trouvé mort le 25 mai, après-midi : *14 jours.*

Souris n° 32 : capture du 15 décembre 1932.

11 mai : on laisse la nourriture habituelle; on met 10 grains de seigle.

12 mai : la Souris a mangé 4 grains. Trouvée morte le 22 mai, le matin : *11 jours.*

Campagnol des champs n° 19 : capture du 8 août 1932.

11 mai : on laisse la nourriture habituelle; on met 10 grains de seigle.

12 mai : le Campagnol a tout mangé. Trouvé mort le 17, le matin : *6 jours.*

Un couple de *Ragondins* (*Myocastor coypus* Molina), arrivé au laboratoire le 12 avril 1933, étant à fin d'expérience, on lui donne le 11 mai 100 grammes de seigle, après avoir enlevé toute autre nourriture. Les animaux attaquent très vite l'appât et le 12 mai, on ne trouve plus dans leur enclos que 25 grains, tout le reste a été mangé.

25 mai : les animaux n'ont présenté aucun malaise; ils sont expédiés au Muséum en excellent état.

2e essai. — 23 septembre 1933 : virus-seigle du 18 septembre.

Surmulots n° 9 et n° 10 : animaux à demi-grosseur; capture du 14 septembre 1933, pris ensemble le même jour.

23 septembre : reçoivent une large portion de seigle, plein un couvercle de tube Borrel.

24 septembre : le grain a presque complètement disparu. Meurent les 10 et 11 octobre, le matin : *17 à 18 jours.*

Souris n° 36 : capture du 10 août 1933.

23 septembre : seigle plein un couvercle de tube Borrel.

24 septembre : en partie mangé; on laisse l'appât.

25 septembre : la Souris a encore mangé du seigle, il en reste. Trouvée morte le 29, le matin : *6* jours.

Souris n° 39 : capture du 15 juin 1933.

23 septembre : reçoit 15 grains de seigle.

24 septembre : a tout mangé. Trouvée morte le 28 septembre, le matin : *5 jours.*

Souris n° 42 : capturée avant le 15 juin 1933.

23 septembre : reçoit 15 grains de seigle.

24 septembre : a tout mangé. Morte accidentellement le 1er octobre : avait résisté 8 jours.

Souris n° 43 : échappée de cage depuis (?), reprise le 23 septembre 1933.

23 septembre : on lui donne 20 grains de seigle.

24 septembre : restent 18 grains. Trouvée morte le 25 septembre, le matin : *2 jours.*

Mulot jaune n° 26 : (*Mus sylvaticus wintoni* Barret-Hamilton) : capture du 11 février 1933.

23 septembre : on lui donne 15 grains de seigle.

25 septembre : termine les 4 derniers grains qui restaient de la veille. Trouvé mort le 10 octobre, le matin : *17 jours.*

Mulot jaune n° 16 : capture du 19 août 1932.

23 septembre : on lui donne 15 grains de seigle.

24 septembre : il a tout mangé. Résiste.

Mulot jaune n° 27 : capture du 1er mars 1933.

23 septembre : on lui donne 15 grains de seigle.

24 septembre : a tout mangé. Trouvé mort le 30 septembre, le matin : *7 jours.*

Mulot jaune n° 32 : capture du 14 juin 1933.

23 septembre : reçoit du seigle plein un couvercle de tube Borrel.

24 et 25 septembre : n'a pas beaucoup mangé. Trouvé mort le 30, le matin, peut-être mort depuis la veille : *6 à 7 jours.*

Campagnol des champs n° 16 : capture du 17 octobre 1932.

23 septembre : reçoit 15 grains de seigle.

24 septembre : a tout mangé. Trouvé mort le 27, le matin : *4 jours.*

Campagnol des champs n° 30 : capture du 12 septembre 1933.

23 septembre : reçoit du seigle plein un couvercle de tube Borrel.

24 septembre : ne paraît pas avoir touché à l'appât.

25 septembre : a bien mangé. Trouvé mort le 1er octobre, le matin : *8 jours.*

Rat musqué n° 15 (*Fiber zibethicus* Linné) : provient d'un élevage, arrivé au laboratoire le 9 septembre 1933.

23 septembre : reçoit, dans une assiette, une large portion de seigle. Il mange tout le jour même.

28 septembre : au matin, mauvais état, moins vif, peu agressif, mouillé sur le dos, irrégularité dans le train postérieur. Trouvé mort ce même jour à 15 h. 30 encore un peu chaud : *5 jours 1/4.*

3e essai. — 1er novembre 1933 : virus-seigle du 31 octobre.

La culture a un goût de recuit que ne présentaient pas les précédentes. D'autre part, M. le docteur Salimbéni apprit que ce grain avait été sulfaté.

Souris n° 35 : capture du 18 août 1933.

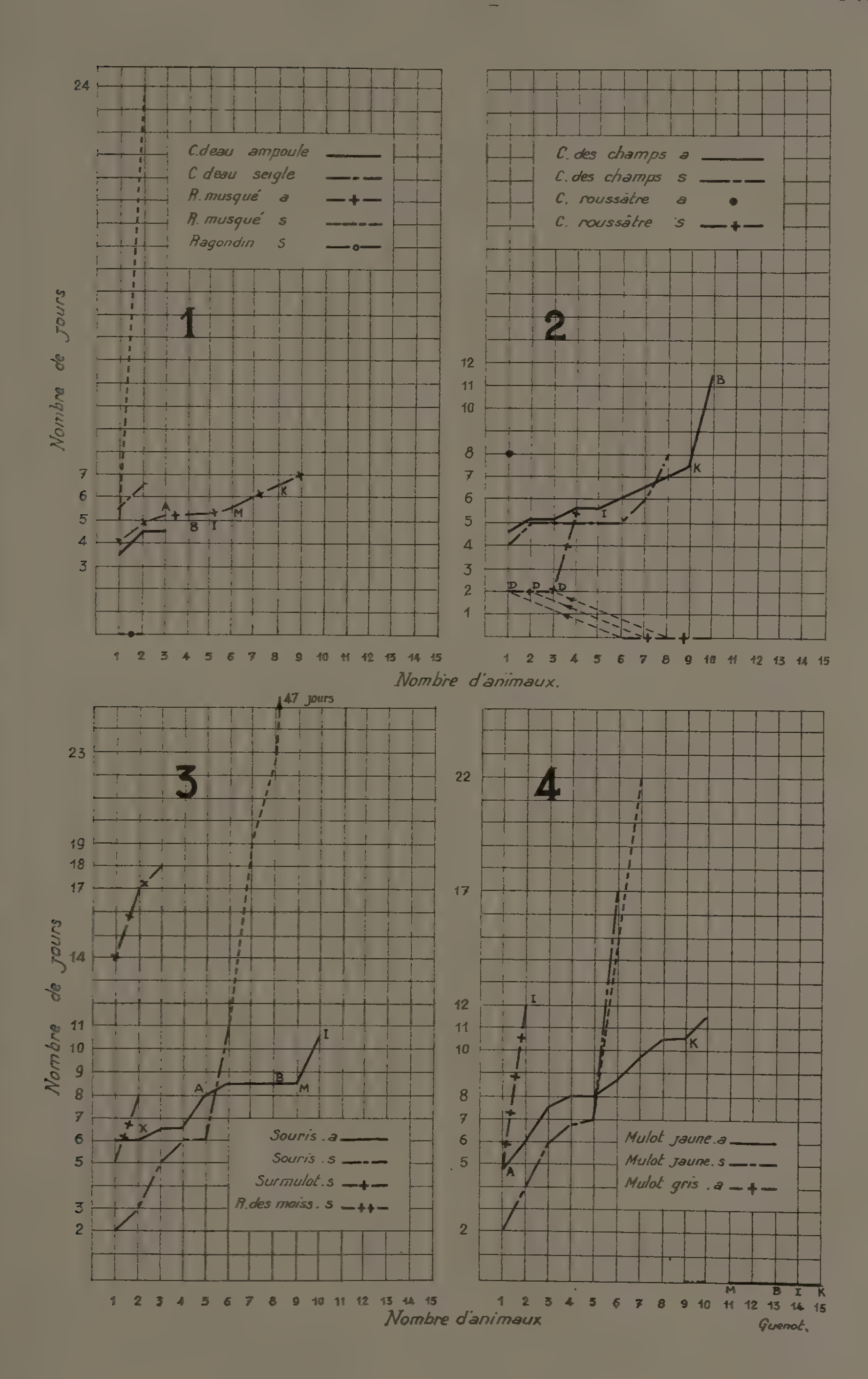
1er novembre : reçoit les 2/3 d'un couvercle Borrel.

2 novembre : la Souris a mangé plus de la moitié de son seigle. Trouvée mourante et achevée le 10 novembre à 9 heures : *9 jours.*

Souris n° 37 et n° 38 ; capture du 19 septembre 1933.

1er novembre : même dose d'appât que le n° 35.

2 novembre : ont mangé plus de 1/3 de leur grain. Un mort le 24, le matin : *23 jours.* Second mort le 18 décembre, le matin : *47 jours.*


C.deau ampoule
C deau seigle
R. musqué a
R. musqué s
Ragondin s
1
Nombre de jours
C. des champs a
C. des champs s
C. roussâtre a
C. roussâtre s
2
Nombre d'animaux.
47 jours
3
Souris . a
Souris . s
Surmulot . s
R. des moiss. s
4
Mulot jaune . a
Mulot jaune . s
Mulot gris . a
Nombre d'animaux
Guenot.

Mulot jaune n° 23 : capture du 2 février 1933.

1er novembre : reçoit une large dose d'appât.
2 novembre : il reste seulement quelques grains. Résiste.

Mulot jaune n° 31 : capture du 24 octobre 1933.

1er novembre : reçoit une bonne portion de seigle.
2 novembre : récipient presque complètement vide, mais des grains ont été transportés dans plusieurs coins de la cage. Trouvé mort le 23 novembre, le matin : *22 jours.*

Mulot jaune n° 33 : capture du 12 octobre 1933.

1er novembre : même portion de grain que le n° 31.
2 novembre : le Mulot a presque tout mangé. Trouvé mort le 16 novembre : *14 à 15 jours.*

Rat des moissons (Mus[apodemus] agrarius) nos 2, 3, 4 et 5 : capture du 6 décembre 1932. Ensemble dans la même cage depuis leur entrée au laboratoire.

1er novembre : bonne portion de seigle.
2 novembre : quelques grains paraissent avoir été mangés; douteux. Meurent du 6 au 9 décembre : *5 à 8 jours.*

Campagnol roussâtre n° 9 : apporté au laboratoire le 6 septembre 1933, était depuis quelque temps déjà en captivité.

1er novembre : bonne portion de seigle.
2 novembre : le Campagnol a tout mangé. Trouvé mort le 6, le matin : *5 jours.*

Campagnol des champs nos 21, 22 et 23 : nés au laboratoire le 21 août.

1er novembre : reçoivent une bonne portion de seigle.
2 novembre : ils ont tout mangé. Meurent tous les trois le 6 novembre : *5 jours.*

Rat musqué n° 14 : même provenance que le n° 15, même date d'arrivée.

1er novembre : reçoit une bonne assiettée de seigle.
2 novembre : n'a presque rien mangé. Trouvé mort le 25, le matin : *24 jours.*

4e essai. — 7 décembre 1933.

Deux lots d'animaux ont été expérimentés en même temps, l'un avec du virus-seigle, l'autre avec du virus en ampoule. Aux deux groupes on a laissé leur nourriture habituelle.

Les appâts ont été largement distribués dans toutes les cages.

a. *Virus en ampoule :* virus pour Rats et Souris, daté du 5 décembre, préparé avec du pain rassis, en dilution conforme aux instructions accompagnant l'ampoule.

Souris n° 40 : capture du 27 décembre 1932.
8 et 9 décembre : ne paraît pas avoir touché au pain. Résiste.

Mulot jaune n° 16 : voir 2e essai.
8 décembre : pain remué, le Mulot ne paraît pas en avoir mangé.
9 décembre : beaucoup de pain mangé. Résiste.

Mulot jaune n° 23 : voir 3e essai.

8 décembre : n'a pas touché à l'appât. Trouvé mort le jour même!

Campagnol roussâtre n° 10 : mêmes caractéristiques que le n° 9.

Trouvé mort le 15 décembre, le matin : *8 jours.*

Campagnols des champs : N° 29, capture du 17 octobre 1932 et *N° 33,* né de 31 × 29, au laboratoire en 1933.

8 décembre : ne paraissent pas avoir touché à l'appât.

9 décembre : ont bien mangé.

Le n° 29 (adulte) est trouvé mort le 12, le matin : *5 jours.*

Le n° 33 (jeune) est trouvé mort le 14, le matin : *7 jours.*

b. *Virus-seigle* rapporté de l'Institut Pasteur le 6 décembre.

Souris n° 44 : capture du 28 novembre 1933.

8 et 9 décembre : ne paraît pas avoir touché à l'appât. Trouvée morte le 10 décembre, le matin : *3 jours.*

Mulots jaunes nos 29 et 30 : apportés au laboratoire le 6 septembre 1933, étaient depuis quelque temps déjà en captivité.

8 et 9 décembre : ont bien mangé le seigle. Trouvés morts les 11 et 13, le matin : *4 et 6 jours.*

Mulot jaune n° 35 : capture du 14 novembre 1933.

8 décembre : ne paraît pas avoir touché à son grain. Trouvé mort étranglé dans sa fibre.

Campagnols roussâtres nos 11, 12 et 13 : mêmes caractéristiques que les sujets de même espèce déjà expérimentés.

8 décembre : beaucoup de grain emmagasiné à l'arrière de leur cage; ne paraissent pas en avoir mangé.

9 décembre : tous les récipients sont vides, un peu de grain en réserve, mais les Campagnols en ont bien mangé. Résistent.

Campagnols des champs n° 31 : capture du 17 octobre 1932 et *n° 32,* né de 31 × 29, au laboratoire (même portée que n° 33).

8 et 9 décembre : l'appât a été bien mangé.

Le n° 31 (adulte) est trouvé mort le 12, le matin. — Le n° 32 (jeune) meurt le même jour entre 12 et 14 heures : *5 jours.*

5e essai. — 27 janvier 1934 : virus-seigle du 19 janvier.

Toute nourriture habituelle enlevée.

Souris nos 46 et 47 : origine inconnue.

Un mort le 29 janvier, le matin : *2 jours.*

Second mort le 2 février, le matin : *6 jours.*

Mulot jaune n° 16 : voir 2e et 4e essais.

Le Mulot n° 16 mange tout son appât. Trouvé mort le 29, le matin : *2 jours.*

Campagnols roussâtres nos 11, 12 et 13 (voir 4e essai).

Ils mangent bien leur appât. Trouvés tous morts le 29, le matin : *2 jours.*

Campagnols roussâtres nos 14 et 15 (voir 4e essai).

Leur seigle paraît avoir diminué. Survivent : encore vivants le 7 avril 1934.

6e essai. — 22 octobre 1934 : virus-seigle commercial (pouvant être utilisé jusqu'au 4 octobre 1935).

Campagnols d'eau nos 5 et 6 : capturés tous deux à Vaires-sur-Marne, par M. Girardot; le n° 5, 19 août et n° 6, 14 août 1934. Apportés au laboratoire le 2 octobre 1934, ils sont installés ensemble dans le grand enclos du laboratoire.

19 octobre : le n° 6 est isolé en petite cage; 22 octobre, 17 heures, il reçoit, à côté de sa nourriture habituelle, 37 grammes de virus-seigle sans liquide. — 23 octobre, 9 heures : le grain a été éparpillé dans l'assiette; il ne semble pas que la Campagnol en ait mangé. — 23 octobre, 17 heures : la nourriture est retirée, le seigle reste. — 24 octobre, le matin : il ne reste plus que 15 grains de seigle; on remet la nourriture. — 29 octobre, le matin : animal en état normal. — 12 h. 15 : on le trouve mort, déjà presque complètement froid : *5 jours 1/2 à 6 jours 1/2.*

Essai de contamination. — 25 octobre, 9 heures : après avoir été longuement lavé sous le robinet, le n° 6 est replacé dans l'enclos, où se trouve toujours le n° 5. — Jusqu'à la mort du n° 6, les deux animaux vivent en étroit contact. — 14 novembre 1934 : le n° 5 est toujours bien vivant, 20 jours après sa réunion avec le n° 6; il est rendu à M. Girardot.

11 mai 1933 — 14 novembre 1934.

DOCUMENTATION.

I. PHYTOGÉNÉTIQUE.

PHILP (James). — **Albinisme chez des avoines polyploïdes.** (Aberrant albinism in polyploïd oats.) *Journal of Genetics*, vol. 30, n° 2, p. 267, mars 1935.

L'auteur trouve, dans un croisement de *A. sativa gigantica* × *A. fatua*, des descendants donnant environ 1 plantule verte pour 6 plantules albinos. Les plantes vertes ont seulement 41 chromosomes et les plantes albinos 40 chromosomes. L'origine de ces plantes aberrantes s'explique par un appariement anormal des chromosomes (allosyndesis) qui provoquerait à la génération suivante soit la perte d'un chromosome, soit le « Crossing over » entre les chromosomes homologues dissemblables.

Le chromosome déficient ne serait pas le chromosome C portant le groupe de facteurs *sativa* et le facteur ou les facteurs nécessaires pour une méiose et une vigueur normales. Il n'y aurait jamais de « Crossing over » dans le complexe *sativa* d'une hybride *sativa fatua*. Pour ces raisons, le chromosome C peut être considéré comme le chromosome portant les facteurs importants de l'évolution de l'espèce.

R. F.

TUMANYAN (M.). — **Les blés tendres ramifiés.** (Branched soft wheat.) *Bull. of Appl. Bot.*, série 5, n° 2, Léningrad, p. 269-282, 1934 (résumé anglais).

Des formes ramifiées de blés tendres ont été trouvées dans le vieux blé arménien « dir » de la région de Van (Anatolie orientale) parmi les formes de *Tr. vulgare* var. *submeri-*
de la région de Van (Anatolie orientale) parmi les formes de *Tr. vulgare* var. *Submeri-*
dionale VAV. et var. *sub-mesopotamicum* TUM. demi-barbues, en 1928-1929.

Ces formes se sont montrées parfaitement stables et TUMANYAN a pu distinguer 2 formes de *Tr. vulgare* VILL. *compositum* TUM : 1° var. *Vavilovii* TUM. à épi gris-bleu sur fond jaune et 2° var. *mirabile* TUM. à épi noir sur fond jaune, les autres caractères étant identiques : épis grossiers du type *rigidum*, glumes larges du type *speltoïde*, couvertes d'épines rigides, courtes ou longues ; ce sont des blés d'hiver assez courts, à paille raide, à feuilles larges, parmi les plus précoces, typiquement xérophytes ; le grain a une teneur élevée en protéines, jusqu'à 20 p. 100.

Ce nouveau type de blé est localisé strictement dans la partie nord du bassin du lac de Van, en Arménie turque.

Un type moins intéressant et moins stable a été trouvé en Arménie soviétique, dans la Vallée de l'Aras : *Tr. vulgare compositum* var. *Kurduculense* TUM., à épillets doubles, mutique, à épi non velu, blanc, à grains blancs.

L'auteur signale également en Arménie *Tr. turgidum* var. *alibekliense* TUM. et des Seigles ramifiés dans la région de Van (assez stables par suite d'une auto-fécondation marquée) et dans la vallée de l'Aras.

L. F.

MUDRA (A.). — **Recherches sur la concentration des sucs cellulaires chez le blé.** (Untersuchungen über Zellsaftkonzentration beim Weizen.) *Z. Züchtg. A. Pflanzenzüchtg.*, Bd. 20, H. 1, p. 62-71, 1934.

L'auteur a pour but la recherche d'une méthode susceptible d'être utilisée pour la sélection de variétés xérophytes. Les recherches effectuées sur les différentes feuilles montrent

que la concentration cellulaire croît de bas en haut dans la plante. L'étude de la variation de la concentration à différentes heures de la journée donne des courbes différentes suivant les variétés. Les types xérophytes présentent un maximum vers 11 heures et ont une concentration beaucoup plus élevée que les types hygrophytes, lesquels présentent une dépression entre 13 heures et 15 heures.

Pour toutes les variétés, la concentration augmente avec l'âge, mais beaucoup plus rapidement chez les variétés xérophytes. L'auteur conclut en disant que, sous un climat sec, les variétés les plus intéressantes au point de vue pratique, sont celles dont la concentration cellulaire est la plus élevée.

R. D.

Baroulina (H.). — **Étude de génétique comparée des espèces de Triticum : I. Hérédité de la ligule.** (Comparative Genetic Study of the Species of Triticum : I. Inheritance of the ligule.) *Bull. of Appl. Bot.*, série n° II, n° 5, Léningrad, 1933 (résumé anglais).

Des blés sans ligules ont été trouvés dans des régions isolées géographiquement près des centres spécifiques de dispersion. Ainsi, pour *Tr. vulgare*: Badakhshan et Kafiristan en Afghanistan, Shougnan et Roshan, ainsi que le Chitral occidental; *Tr. compactum* a été trouvé dans le Roshan. Les blés durs sans ligule proviennent de Chypre. 47 croisements ont été effectués entre des plantes sans ligules et les plantes normales (entre des formes différentes géographiquement, écologiquement et physiologiquement) et étudiées en F_1, F_2, F_3. En F_1, la présence de ligule est dominante; en F_2, 18.338 plantes ont été étudiées. Les *Tr. durum* ont donné une disjonction monohybride à 3 avec ligule contre 1 sans, les *Tr. durum* et *compactum* une disjonction hybride à 15 contre 1. Ces résultats ont été confirmés en F_3.

Les intermédiaires sont trop difficiles à classer pour permettre l'obtention d'une ségrégation 1 : 2 : 1 ou 9 : 3 : 3 : 1, mais les plantes vraiment sans ligule sont faciles à distinguer.

Ces résultats sembleraient montrer, pour l'auteur, que la polymérie observée chez les hexaploïdes est liée à la polyploïdie.

L. F.

Orlov (A. A.). — **Les Orges d'Anatolie.** Prof. P. Zhukovsky. La Turquie agricole, édition d'État « Selkhozghiz », Moscou-Léningrad, 1933, p. 233-270.

L'expédition du Professeur P. Zhukovsky (1925-1927) a ramené 355 échantillons d'orges en grain ou en épi provenant de 142 régions; ils furent étudiés, à Detskoe Selo, à Armavir et à Tachkent. Une première analyse a montré l'existence de variétés d'hiver (toujours avec un certain pourcentage de variétés de printemps) dans les régions occidentales et méridionales maritimes; dans le Nord et le Centre, il n'y a que des variétés de printemps. Pas de formes endémiques contrairement à la Perse, la Syrie et la Palestine. En culture, la var. *pallidum* est la plus répandue; viennent ensuite les var. *nutans* et *medicum*, puis *persicum*, *nigricans*, *rikotense*, *nudum*, *parallelum*, enfin *nigrum*, à Koni et Tokata et var. *nigripallidum* (1 plante à Tokata). Var. *spontaneum* se rencontre en mélange dans 4 ou 5 régions. Subsp. *spontaneum* à l'état d'individus isolés dans une province du Nord. L'auteur donne ensuite la répartition par régions; les caractères végétatifs (seules, certaines orges d'Anatolie occidentale présentent de l'anthocyane sur les jeunes pousses) : période de végétation (en général précocité moyenne), longueur et largeur des feuilles, hauteur de paille; les caractéristiques du grain : morphologie (rare présence de nervures colorées, peu de types *rigidum*), poids de 1.000 grains, poids à l'hectolitre, teneur en azote (les échantillons originaux donnant 8,27 à 12,36 p. 100, mais pourcentages élevés après culture en U. R. S. S.).

Les essais culturaux ont donné de bons résultats. On trouvera, pages 825-826, une traduction française de la clef des variétés botaniques trouvées.

L. F.

ORLOV (A. A). — **Les orges d'Arabie.** (Barleys of Arabia.) *Bull. of Appl. Bot.*, série n° 5, n° 2, Léningrad, p. 1-40, 1934 (résumé anglais).

Étude de 14 populations provenant des régions du Hedjaz, du Yemen et d'Aden, au point de vue systématique, écologique, géographique et cultural. On ne trouve en culture que des orges de printemps ; les 3 sous-espèces d'*Hordeum sativum* JESSEN sont représentées. La subsp. *distichum* L. est la plus cultivée, avec prédominance de la variété *deficiens*, puis var. *nutans*. Les autres variétés se trouvent à l'état de mélanges isolés : var. *medicum* dans le district de Sana, var. *nudum* et *viride* à Matar, var. *Steudelii* à Aden et var. *nudi-deficiens* aux environs de Médine.

On rencontre quelques formes de subsp. *vulgare :* var. *pallidum* à Matar, Médine, Sana, Damar et var. *cœleste* seulement à Médine.

Subsp. *intermedium* sous les formes *pallidum deficiens* et *deficiens pallidum* se trouve rarement à Sana, Damar et Aden.

Le Yemen, ou Arabie heureuse, présente le plus grand nombre de formes surtout à Sana, puis vient le Hedjaz et enfin Aden.

Inversement à ce qui se passe en Asie centrale, ce sont les régions élevées qui présentent la plus grande diversité de formes (à Damar, 2.170 m. ; à Sana, 2.130 m. ; à Matar, 1.219 m.).

La plupart de ces formes appartiennent au groupe écologique *rigidum* (Barbes et épis grossiers, glumelles épaisses, épis se battant difficilement) et au type écologique *Arabicum* (plantes courtes : 40-50 centimètres, avec paille très fine, très précoces : 56-65 jours ; à gros grains de poids de 1.000 grains élevé : 50-60 gr., et à forte résistance à la sécheresse). On trouve également quelques formes rares du groupe *medium*, type *Abyssinicum* et du groupe *rigidum* type *indicum*.

Ainsi, les formes d'Arabie (diversité et caractères morphologiques et physiologiques) se rapprochent d'une part des formes syro-palestinienne et de l'Inde ; d'autre part, des formes de l'Abyssinie et de l'Érythrée. Ainsi, l'Arabie constitue la région de passage des orges de l'Asie occidentale vers l'Afrique, le type *Abyssinicum* n'y restant plus qu'à l'état de témoin.

Ces orges sont intéressantes au point de vue cultural par leur rendement élevé, bien qu'elles soient parmi les plus précoces connues, leur résistance à la sécheresse et leur paille raide.

Ces orges sont intéressantes pour les croisements, surtout les nues. Il faut remarquer que, tandis que les échantillons originaux donnaient 10 à 13 p. 100 d'azote, les récoltes obtenues en U. R. S. S. donnaient 14 à 17 p. 100.

L. F.

ANTROPOV (V. et V.). — **Les seigles cultivés d'Anatolie.** (Professeur ZHUKOVSKY. La Turquie agricole, éditions de l'État Selkhozghiz, Moscou-Léningrad, 1933,p. 281-298, en russe).

Les seigles se rencontrent en Anatolie en cultures pures, ou plus souvent en mélange avec le blé ou l'orge. De plus, le seigle est une mauvaise herbe courante du blé. Les grains sont en général jaunes ou verts, rarement bruns.

La plus grande diversité de formes se rencontre en Anatolie orientale, dans les vilayets de Van et d'Erzeroum : formes à épis colorés, jaunes, bruns, noirs ; formes à épis cassants, à glumes soit tuberculeuses, soit couvertes de pointes courtes ou de poils sétiformes. Il semble qu'on puisse situer là le centre de dispersion des formes colorées, les formes à rachis cassant venant de l'Afghanistan et du Turkestan, en passant par la Perse. A mesure qu'on avance vers l'Ouest, la quantité de formes diminue et les vilayets du Centre et de l'Anatolie occidentale sont caractérisés surtout par des formes à épi blanc.

Les différents échantillons récoltés ont été semés à Detskoe-Selo et à la Station de Nord du Caucase : 0,6 p. 100 des échantillons étaient des seigles d'hiver ; 22,1 p. 100 des seigles de printemps ; le reste était un mélange de populations hétérozygotes des 2 formes ; on rencontre plus de types d'hiver vers l'Est que vers l'Ouest ; on observe toute la gamme des ports.

Il faut signaler aussi de nouvelles formes très curieuses : présence de ligules remontant comme chez *Carex disticha*, de nœuds couverts de tubercules, d'oreillettes ressemblant à celle de l'orge; d'autre part, ZHUKOVSKY signale une nouvelle espèce dans la partie sud-occidentale : *Secale ancestrale* ZHUK. à rachis se désarticulant entièrement.

Par autofécondation, les seigles d'Anatolie se sont montrés stériles, mais certains individus isolés donnent jusqu'à 50 p. 100 de grains, ce qui a pu inciter certains auteurs (TOUMANYAN, BERKNER et K. MAYER) à parler de seigle autofertile. Les essais de l'auteur montrent que ces conclusions sont peut-être prématurées.

L'utilisation des seigles d'Anatolie pour la sélection présentera de grandes difficultés par suite de leur nature hybride.

(On trouvera, p. 831, une traduction française de la clef des variétés rencontrées en Anatolie.)

L. F.

SCHEIBE (A.). — **La répartition du seigle sauvage et de l'ivraie en Anatolie. Remarques sur le problème de l'origine du seigle.** (Die Verbreitùng von Unkraùtroggen und Tanmellolch in Anatolien. Mit Bemerkùngen zum Roggenabst Ammungsproblem.) *Angew. Bot.* XVII, 1, 1935, p. 1-22.

L'auteur a recherché le Seigle et l'Ivraie dans plusieurs centaines d'échantillons de blé originaires des diverses régions d'Asie-Mineure; des cartes établies montrent que le Seigle (*Secale cereale*) existe à l'état de plante adventice dans toute la partie centrale de l'Asie-Mineure, les formes à grain jaune-brunâtre étant caractéristiques des sols alcalins de la région des steppes arides, alors que les formes à grain jaune-verdâtre sont surtout répandues dans la région de la Chaîne Pontique.

L'Ivraie (*Lolium temulentum*) possède une distribution exactement inverse de celle du Seigle; cette plante est localisée dans la zone côtière et se trouve non seulement dans le blé mais encore dans les cultures de printemps. La répartition de l'Ivraie est conditionnée par ses exigences écologiques qui se placent entre celles du Blé et celles de l'Avoine.

D'après l'examen de la répartition des formes de Seigle, il semble, d'après l'auteur, que les formes européennes cultivées dérivent des Seigles de la zone humide de la Chaîne Pontique (grains jaune-verdâtre), ce qui confirme à ce point de vue les théories d'ENGELBRECHT et de VALIVOV sur la dispersion du Seigle à partir de son centre d'origine.

R. D.

BLACK (W.). — **Études sur l'hérédité de la résistance à la galle verruqueuse,** *Synchytrium endobioticum* (SCHILB.) PERC., **chez la pomme de terre.** [Studies on the Inheritance of Resistance to Wart disease *Synchytrium endobioticum* (SCHILB.) PERC.] *Journ. of Genetics*, vol. 30, n° 1, p. 127-146, 1935.

L'auteur a effectué ses essais d'après la méthode Lemmerzahl. Il rappelle les différents types d'immunité et insiste sur la conception de KÖHLER qui fait une différence entre *degré d'infection* et *degré de réaction*, la réaction étant la seule caractéristique des variétés sensibles, et le parasite pouvant évoluer et mûrir sur des variétés réputées résistantes au point de vue pratique. Selon l'auteur, il ne convient de distinguer que 2 groupes : variétés à haute résistance et variété à faible résistance, les premières ayant seules la résistance *pratique*.

Presque tous les auteurs s'accordent pour constater la dominance du caractère résistance; en effet, par semis, les variétés résistantes donnent une majorité de résistances, et les sensibles une majorité de plantes atteintes.

L'auteur rappelle les travaux effectués jusqu'à ce jour dans le but de donner la composition factorielle du caractère résistance à la galle. Se basant sur un travail de MÜLLER relatif à la résistance au Mildiou (*Phytophthora infestans*), il émet l'hypothèse de l'existence de 3 facteurs A, B, C, affectés chacun d'une valeur différente ($A = 1$, $B = 2$, $C = 3$), la somme des coefficients devant être au moins égale à 7 pour conférer la résistance.

Les multiples combinaisons qui permettent l'utilisation de ces facteurs sont attribuées

à un certain nombre de variétés. On constate dans la descendance de chacune d'elles, et dans la majorité des cas, une concordance entre la disjonction observée et la formule théorique, cette concordance existe également dans les croisements étudiés.

L'auteur met ensuite en concordance son hypothèse avec les théories factorielles de SALAMAN, LESLEY et LUNDEN, JORSTARD.

R. D.

LUNDEN (A. P.) et JORSTAD (I.). — **Recherches sur l'hérédité de l'immunité à l'égard de la galle noire** ***Synchytrium endobioticum*** **(SCHILB.) PERC. chez la pomme de terre.** [Investigations on the Inheritance of Immunity to Wart disease *Synchytrium endobioticum* (SCHILB) PERC, in the Potato.] *Journ. of Genetics*, 29, 3, p. 375-385, 1934.

L'auteur fait ressortir les difficultés de l'analyse génétique en raison de l'état hétérozygote des variétés de pommes de terre. Toutefois, un certain nombre de cas relativement simples peuvent être envisagés. Les travaux de SALAMAN et LESLEY ont montré l'existence de 3 facteurs et de 2 inhibiteurs conditionnant l'existence de l'immunité. Il résulte des infections artificielles que les variétés résistantes expérimentées par l'auteur donnent, par semis de graines résultant d'auto-fécondation, une proportion de 3 résistantes contre 1 sensible. L'immunité ne serait donc conférée que par un facteur X, mais l'auteur ne généralise pas, car toutes les variétés étudiées dérivent toutes d'une même variété : *Jubel*. L'étude de la descendance de croisements entre sensibles et résistants donne des résultats variables. Fréquemment, les types sensibles et résistants sont en parties égales 1 : 1, ce qui permet d'attribuer aux parents les formules X*x* et *xx*. Dans certains cas, on observe des disjonctions 5 : 3, 1 : 7, 3 : 13, 1 : 15. Pour les expliquer, l'auteur dédouble X en 2 facteurs X′ et X″ de même valeur et indépendants l'un de l'autre, il ajoute 2 autres facteurs accessoires Y et Z capables de donner ensemble l'immunité même sous l'état hétérozygote. En fonction de ces facteurs, l'auteur donne la composition génétique d'un certain nombre de variétés relativement à leur caractère résistance à la galle verruqueuse.

R. D.

WARTENBERG (H.), KLINKOWSKI (M.) et HEY (A.). — **Recherche à l'aide de parcelles journalières (Contribution à l'étude de la dégénérescence de la pomme de terre.)** (Der Tagesparzellversuch.) *Angew. Bot.*, Bd. XVII, H. 1, p. 70, 1935.

L'auteur rappelle les deux théories en présence : virus et théorie écologique de la dégénérescence. Il n'a eu pour but que la mise au point d'une méthode pouvant servir aux défenseurs des deux points de vue.

Les essais sont faits sur deux variétés : la plantation a lieu tous les jours jusqu'au mois d'août. Tous les tubercules sont récoltés en même temps.

L'étude de leur descendance montre que les plantations tardives, donnent le pourcentage de pieds dégénérés le plus faible. La courbe de dégénérescence en fonction de la date de plantation paraît en relation avec la tension de vapeur d'eau qui a présidé aux premiers stades de développement des tubercules-mères. Aux tensions de vapeur les plus élevées correspondent les pourcentages de dégénérescence les plus faibles.

L'auteur estime que ces faits exigent une explication qui demande la collaboration de l'écologie, de la pathologie et de l'entomologie.

R. D.

II. PATHOLOGIE VÉGÉTALE.

REED (G. M.). — **Transmission héréditaire de la résistance vis-à-vis de** ***Ustilago avenae, U. levis*** **chez des hybrides d'avoine.** (Inheritance of resistance to loose and covered smut in hybrids of Black Mesdag with Hull-less, Silvermine and Early champion oats.) *Am. Jour. Bot*, t. XXI, p. 278-291, 1934.

La résistance se comporte comme un caractère dominant; la ségrégation, à la deuxième génération (F_2) de Hull-less × Black Mesdag, Silvermine × Black Mesdag, Early cham-

pion × Black Mesdag, fait apparaître 75 p. 100 de F_2 possédant une résistance comparable à celle de B. M. Le croisement entre Gothland (très susceptible à *U. avenea* mais résistant à *U. levis*) et Monarch (résistant à *U. avenae* mais sensible à *U. levis*) montre que les facteurs de la résistance vis-à-vis de l'une ou de l'autre de ces espèces sont hérités indépendamment chez les hybrides mais qu'il est possible, pour un hybride, de recevoir à la fois ces deux facteurs de résistance.

J. D.

GASSNER (G.) et KIRCHOFF (H.). — **Essais de lutte contre la rouille du blé par le trempage des semences.** (Versuche zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes mittels Benetzungsbeize.) *Phytop. Zeits.*, t. VII, p. 271-284, 1934.

La méthode de lutte employée contre la rouille consistait précédemment en un trempage dans l'eau, précédé d'un lavage à température élevée. On a essayé ici de pratiquer ce lavage à la température ordinaire. On a étudié d'autre part l'influence de la durée du traitement, de la durée du lavage préliminaire, de la quantité de liquide à employer par quintal. L'emploi de solutions faibles d'alcool isopropylique et d'alcool méthylique se montre favorable; il permet de réduire la durée totale du traitement à 3-4 heures; une réduction plus grande ne paraît pas avantageuse. Le lavage préalable doit être suffisamment prolongé : ceci donne une meilleure action sur la rouille et diminue les dégâts causés aux germes.

M. RAU.

MAC CLELLAND (E.) et YOUNG (V.). — **Traitements du maïs de semence.** (Seed corn treatments in Arkansas.) *J. of Am. Soc. of Agr.*, t. XXVI, p. 189-195, 1934.

Divers produits ont été essayés en poudrage contre *Diplodia Zeae* et *Giberella saubinetti*. Ce sont des produits organiques contenant du mercure, et notamment le furfuranilide de mercure. Les résultats se sont montrés irréguliers et, dans l'ensemble, l'emploi de ces poudres n'apporte pas d'augmentation nette de rendement.

M. RAU.

BÖNING (K.) et WALLNER (F.). — **Essai de traitement de l'helminthosporiose de l'orge.** (Versuche zur Bekämpfung der Netzfleckenkrankheit der Gerste, *Helminthosporium teres* SACC.) *Prakt. Blätter für Pflanzenkr.*, t. XII, p. 219-229, 1934.

Trois espèces d'*Helminthosporium* attaquent l'orge : *H. sativum*, *H. gramineum* et *H. teres*. Ce dernier, qui est le moins étudié, peut être combattu par traitement des semences au moyen de poudres à base de composés organo-mercuriques; l'attaque est ainsi réduite de 50 p. 100. L'action fongicide se fait surtout sentir sur l'attaque primaire, mais la maladie reprend du développement dans la suite. Les essais de plein champ n'ont pas permis d'établir de distinction entre différents produits commerciaux. La présence d'azote dans la fumure favorise la maladie.

M. RAU.

DAHL (A. S) — **La moisissure des neiges du gazon de golf due à *Fusarium nivale*.** (Snowmould of Turf grasses as caused by *Fusarium nivale*.) *Phytopath.*, vol. XXIV, p. 197-214, 6 fig., 1934.

Cette maladie sévit dans le Nord de l'Europe sur les céréales d'hiver, mais se montre surtout importante sur les gazons qui recouvrent les terrains de golf. Elle apparaît à la fonte des neiges, sous forme de plaques circulaires ou plus ou moins irrégulières, parfois grandes, sur lesquelles les plantes sont mortes. Prises isolément, celles-ci sont d'aspect banchâtre et dégagent une odeur de vase.

L'auteur attribue le mal à *Fusarium nivale* (FR) DES. (*Calonectria graminicola*, BERK). Le parasite, dont l'action est très faible à la température de 15-20°, intervient au voisinage de 0°. Il est favorisé par la présence et la persistance d'une épaisse couche de neige, une grande humidité, un excès de matière organique dans le sol.

Les essais réalisés en plein champ, montrent la possibilité de lutter contre le champignon par une application faite à l'automne d'une solution de sublimé corrosif ou de calomel.

D'autre part, il existerait des différences de sensibilité entre les espèces qui entrent dans la constitution des gazons.

M. L.

Schaal (L.-A.). — **Le Rhizoctone des pommes de terre dans les cultures irriguées.** (Rhizoctonosis of Potatoes grown under irrigation.) *Phytoph.*, vol. XXV, p. 748-762, 2 g., 1935.

Le Rhizoctone de la pomme de terre est commun dans certaines régions irriguées de Greeley (Colorado) où les cultures hâtives, faites en sol frais, montrent couramment des infections sur tiges, les infections sur tubercules y restant rares ou sans gravité.

Un excès d'humidité, une température basse du sol, entraînent de fortes attaques sur tubercules. Les expériences indiquent que les plus fortes attaques sur tubercules se rencontrent là où l'on a irrigué à l'excès; cependant, l'abaissement de la température du sol, provoquée par l'irrigation ne paraît pas être un facteur si important que l'humidité exagérée dans le développement des sclérotes sur tubercules. L'auteur étudie la désinfection du tubercule-semence au moyen de divers produits : de préférence à l'aldéhyde formique et aux composés organiques du mercure, il adopte le bichlorure de mercure (solution à *un pour mille*, durée d'immersion 1 heure 1/2).

Il suggère en outre de combiner ce traitement à un arrosage modéré pendant les dernières semaines de croissance des tubercules

M. L.

Small (T.). — **Traitement des tubercules de pommes de terre de Jersey contre la pourriture causée par le** ***Phytophthora infestans.*** [Potato bright (*Phytophthora infestans*) investigations in Jersey, prevention of disease in export produce.] *Annals Applied Biology*, 22, p. 469-478, 1935.

Les tubercules contaminés au moment de l'arrachage, par les spores tombant des feuilles ou des tiges infestées, risquent de contaminer par contact les tubercules sains au cours du transport.

J. D.

Stapp (C.). — **Contribution à la question de la résistance des variétés de pommes de terre à la jambe noire et à la pourriture humide du tubercule provoquées par le** *Bacillus phytophthorus* App. (Beitrag zur Frage der Widerstandfähigkeit verschiedener Kartoffelsorten gegen Schwarzbeinigkeit und Knollennassfäule verursacht durch *Bacillus phytophthorus* App.) *Angew. Bot.*, XXII, 2, p. 97-117, 1935.

L'auteur fait un historique complet des travaux effctués sur la question et montre que fréquemment les auteurs constatent une plus grande sensibilité des variétés précoces et riches en azote. En outre, les réactions de la plante ne correspondent pas toujours à celles que donnent les tubercules.

Les recherches de l'auteur ont été poursuivies sur 30 variétés, de 1928 à 1934. L'infection est faite à l'aide de 2 souches particulièrement virulentes. Les variétés sont classées en 4 groupes d'après le pourcentage d'infection. On peut citer, à titre d'exemple : très résistantes : *Daher, Flava* — un peu sensible : *Beseler* — attaquées : *Deodora, Johannsen, Cellini* — très attaquées : *Juli, Preussen, Erdgold.*

Recherchant les causes de la résistance, l'auteur n'a pu trouver de corrélations entre celle-ci et les caractères suivants : épaisseur de la peau, formation de liège cicatriciel, précocité, couleur de la chair jaune sont en majorité classées comme sensibles.

Bibliographie 35 références.

R. D.

Quanjer (H. M.) et Gäumann (E.). — **Influence du climat sur l'état sanitaire des pommes de terre.** (Versuche über den Einflus des Klimas auf den Gesundheitszustand der Kartoffelpflanze.) *Phytopath. Zeitsch.*, 8, p. 307-321, 1935.

Les recherches entreprises ont eu pour but de montrer par des données précises si et pourquoi les maladies à virus de la pomme de terre sont moins fréquentes dans les régions élevées des Alpes suisses que dans la plaine.

Une brève introduction rappelle les expériences acquises dans divers pays au cours de plus d'un siècle et demi, expériences attestant que les maladies à virus uniquement sont cause de la dégénérescence des pommes de terre. Plusieurs observations semblent toutefois contradictoires. Ainsi, l'on savait depuis fort longtemps que les semenceaux provenant des régions montagneuses produisent une récolte plus saine que ceux originaires de la plaine. Pourtant un des effets des « cures d'altitude » auxquelles furent soumis des tubercules malades, fut, non pas la guérison des maladies à virus, mais la contamination par elles de régions encore indemnes.

Au printemps 1933, environ 200 tubercules de la variété *Eigenheimer*, exempts de virus, furent envoyés de Wageningen à Zurich, partagés aseptiquement en deux parties égales numérotées 1A, 1B, etc., et placées chacune dans un sachet de papier. Les moitiés A furent plantées près de Zurich (alt 450 m.) ; les moitiés B, à Clavadel, près de Davos (Grisons, alt. 1.680 m.), chaque partie occupant, dans l'un des champs d'essais, la même place que sa sœur dans l'autre champ. Comme source d'infection, furent intercalées dans chaque parcelle, entre les deuxième et troisième lignes, 5 moitiés de tubercules atteints de mosaïque commune (A-virus, Murphy) et, entre les troisième et deuxième avant-der-lignes, 5 moitiés également malades attachées à 5 moitiés saines. La récolte de Clavadel fut, par plante, partagée en deux parties identiques, dont, en 1933, on planta l'une à Zurich, l'autre à Clavadel. On procéda de même manière avec la récolte de Zurich.

Les observations et les résultats de deux années permettent d'affirmer que la mosaïque introduite dans les Alpes y demeure et qu'elle est reproduite par les semenceaux sans espoir de guérison. En montagne, la mosaïque se transmet aussi d'une plante malade à une plante saine, toutefois, bien moins rapidement qu'en plaine (climat défavorable aux pucerons). Le nombre de plantes infectées à 1.680 mètres était donc pour cette raison bien inférieur à celui des plantes cultivées en plaine. En plus de la mosaïque ordinaire, fut constatée, à Clavadel, durant ces essais, une mosaïque beaucoup plus grave, produisant le rabougrissement de la plante entière.

G. D.

Reinmuth (Dr. E.) u. Dr. Finkenbrink. — **Données expérimentales sur la question des « taches de fer » de la pomme de terre.** (Experimentelles zur Frage der Eisenfleckigkeit der Kartoffel.) *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, t. I, p. 21-28, 1933.

Les auteurs remarquent l'importance de la question surtout depuis l'introduction des variétés résistantes à la galle verruqueuse, dont une des plus importantes « *Erdgold* » est très sensible à la maladie des « taches de fer ».

La maladie des « taches de fer » se caractérise par de nombreux foyers nécrotiques de différentes formes et grandeurs distribués sans ordre dans la chair du tubercule de la pomme de terre et qui sont souvent confluents. Les causes réelles, ainsi que les conditions de milieu favorables à la maladie, sont très discutées. Pour connaître l'influence de la fumure ainsi que de la respiration des tubercules, sur l'apparition de la maladie les auteurs ont entrepris des essais en pots. Les essais en pots avec différentes fumures ont donné des résultats variables sans permettre une conclusion, à l'exception de ceux fumés au fumier de mouton qui a nettement favorisé la maladie.

Les essais en pots paraffinés à leur surface pour empêcher la respiration normale des tubercules n'ont pas donné de résultats concordants, mais ont montré un fort développement des lenticelles.

Un essai au champ avec la variété « *Erdgold* » semence de même origine et provenant

d'une récolte fortement atteinte a donné un nombre de tubercules malades plus grand (6 p. 100) avec les plants malades, qu'avec des plants sains (2,7 p. 100). La transmission de la maladie par la semence ne semble donc pas être complètement exclue. Il serait possible qu'il s'agisse quand même d'une maladie à virus influencée dans son développement par les conditions du milieu.

G. R.

REINMUTH (Dr. E.). — **Une nouvelle contribution à l'étude de la question des « taches de fer de la pomme de terre.** (Ein weiterer Beitrag zur Frage der Eisenfleckigkeit der Kartoffel.) *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 3, p. 117-119, 1934.

L'auteur croyant à une transmission de la maladie par la semence a continué en 1933 ses essais dans ce sens, en employant des tubercules fortement atteints de la maladie des « taches de fer » ; en même temps il a étudié la possibilité d'une contamination de tubercules sains par des tubercules malades en les coupant et réunissant les fragments sains et malades (greffe).

Des tubercules malades de la variété « *Parnassia* » furent greffés sur des tubercules sains des vriétés « Preussen » et « Ackersegen ».

Les descendants des tubercules sains de la variété « *Parnassia* », étaient moins atteints de la maladie (44,9 p. 100) que ceux des tubercules reconnus malades avant plantation (66 p. 100). Les tubercules greffés « *Parnassia-Preussen* » et « *Parnassia-Ackersegen* » avaient une descendance plus atteinte que les tubercules non greffés des mêmes variétés, ce qui semble indiquer une transmission de la maladie par la greffe.

G. R.

BÖNING (Dr. Karl). — **Essais de lutte, par des produits chimiques, contre les maladies des semis et la pourriture des racines de tabac.** (Versuche zur Bekämpfung von Keimlingskrankheiten und Wurzelbrand des Tabaks in den Anzuchtbeeten mit chemischen Mitteln.) *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, bd. 45, H. 8, p. 385-415, 1935.

L'auteur envisage la lutte contre plusieurs parasites : *Pythium debaryanum* HESSE ; *Moniliopsis Aderholdi* RUHL ; *Pseudomonas tabaci* Wo. et Fo. ; *Thielavia basicola* ZOPF ; causant des dégâts dans les couches à tabac de sa région.

Les essais sont exécutés dans des caissettes, 0 m. 40 × 0 m. 40 × 0 m. 15, et pour des cas isolés, en plus grand, dans des couches chaudes ordinaires. Les produits chimiques employés sont soit des désinfectants purs servant à la stérilisation du sol, soit des fongicides donnant une désinfection partielle du sol et servant ensuite au traitement préventif des semis, soit des engrais, dont l'emploi en couverture doit activer la végétation et ainsi augmenter la résistance des semis. Les produits utilisés sont les suivants :

Formol à 40 p. 100, en solution de 1 litre et demi à 2 p. 100 à la dose de 10 litres par mètre carré ;

Paraformaldéhyde, en poudre, à incorporer au sol à la dose de 180 grammes par mètre carré ;

Acide acétique, en solution de 1 p. 100, à la dose de 10 litres par mètre carré ;

Chinosol, en solution de 0,15 p. 100 à la dose de 1 litre et demi par mètre carré ;

Kerol, en solution de 0,25 p. 100 à la dose de 10 litres par mètre carré ;

Uspulun, en poudre, 30-45 grammes par mètre carré, ou en solution à 0,25 p. 100 à la dose de 6 litres par mètre carré ;

Bouillie bordelaise, 1-2 p. 100 en arrosage sur le sol à la dose de 1 à 2 litres par mètre carré ;

Bouillie bordelaise, 0,5 à 1 p. 100 en arrosage ou en pulvérisation sur les semis ;

Kupferkalk Wacker (oxychlorure) 1 p. 100 en arrosage sur le sol à la dose de 2 litres par mètre carré ;

Kupferkalk Wacker, 1 p. 100 en pulvérisation sur les semis ;

Bouillie sulfocalcique 2,5 p. 100 en arrosage sur le sol, à la dose de 2 lit. 5 par mètre carré ;

Bouillie sulfocalcique, 1 p. 100 en pulvérisation sur les semis;
Chaux vive en poudre, à incorporer au sol à la dose de 300 grammes par mètre carré;
Carbonate de chaux en poudre, à incorporer au sol à la dose de 600 grammes par mètre carré;
Cyanamide, en poudre, à incorporer au sol à la dose de la 60-120 grammes par mètre carré;
Urée, 50 grammes par mètre carré, arrosage des semis;
Sulfate d'ammoniaque, 60 grammes par mètre carré, arosage des semis;
Sulfate de potasse, 60 grammes par mètre carré, arrosage des semis;
Sulfate de fer, en poudre à incorporer au sol à la dose de 300 grammes par mètre carré.

Certains de ces produits donnent de bons résultats; d'autres sont indifférents; d'autres ont, à la dose donnant une action fongicide suffisante, une mauvaise action sur la végétation. En résumé, l'auteur conclut aux moyens de lutte suivants :

1° Un traitement régulier du terreau des couches à la cyanamide, en incorporant celle-ci pendant l'hiver au tas de terreau par pelletage, à la dose de 100-200 grammes par brouette de terreau;

2° La désinfection totale du terreau de la couche 15 jours avant plantation au formol ou à l'uspulun, en traitant dans la suite les semis préventivement avec des bouillies cupriques;

3° La désinfection partielle des couches à la bouillie bordelaise de 1 à 2 p. 100, 15 jours avant la plantation, ou le traitement des semis dès leur début par une pulvérisation à la bouillie bordelaise de 0,5 à 1 p. 100 à la dose de 1 à 2 litres par mètre carré.

Le traitement régulier et préventif des semis avec des bouillies cupriques complète la désinfection du sol et empêche l'infection tardive. L'auteur mentionne encore l'action favorable de certains désinfectants (Formol, Uspulun, Cyanamide, Chaux vive, etc.) en ce qui concerne la destruction des semences de mauvaises herbes, des algues et mousses, se trouvant toujours dans les terreaux.

G. R.

Johnson (B.). — **Méthode expérimentale de concentration du virus de la mosaïque du tabac.** (Concentration of the virus of the mosaïc of tobacco.) *Amer. Jour. Bot.*, t. XXI, p. 42-53, 1934.

Les expériences effectées à la Citrus Experiment. Station (Riverside) dans le service de Physiologie dirigé par le Docteur H.-S. Reed, montrent que diverses méthodes physiques permettent de clarifier rapidement les jus de presse de tabacs affectés par les maladies à virus tout en laissant le virus en suspension dans le jus. (Action du courant continu sous 110 volts, du sulfate d'ammoniaque, de certains charbons activés.) Les réactions des protéines du jus concentré, extrait des plantes saines, diffèrent de celles des plantes infectées par des virus.

J. D.

Hoggan (I. A.). — **Deux virus du groupe de la mosaïque du concombre affectant le Tabac.** (Two virus of Cucumber mosaïc group on tobacco.) *Annals applied Biology*, t. XXII, p. 27-37, 1935.

Au même titre que d'autres groupes de virus, les virus du groupe de la mosaïque du concombre comprennent un certain nombre de formes qui peuvent être distinguées :

1° Par la gravité des symptômes que provoque l'inoculation au tabac;

2° Par leur résistance à la chaleur et au vieillissement;

3° Par la dilution maxima permettant d'obtenir l'inoculation.

J. D.

SMITH (K.-M.) and BALD (J.-G.). — **Un virus nouveau causant des nécroses sur le tabac et d'autres plantes.** (A description of a necrotic virus disease affecting tobacco and other plans.) *Parasitology*, t. XXVII, p. 231-245, 1935 (Cambridge university press).

C'est un virus, qui n'est tué qu'à 72° et qui est capable de rester virulent *in vitro* pendant 20 jours et aussi après 71 heures de séjour dans l'alcool à 99 p. 100, paraissant formé de particules de 20 à 30 μ. Il provoque des taches nécrotiques sur les tabacs et les *Vigna sinensis* à la dilution de 1/10.000e et est voisin, mais distinct, du tobacco ring spot américain et du ring spot de BOHME.

J. D.

SMITH (K. M.). — **Maladie à virus des crucifères cultivées.** (A virus disease of cultivated crucifers.) *Annals applied Biology*, t. XXII, p. 239-242, 1935.

C'est un nouveau virus transmissible par *Myzus Persicae* aux choux et à diverses solanées, en particulier au *Nicotiana glutinosa* où il provoque une maladie généralement fatale.

J. D.

BRENTZEL (W.-E.). — **Les types de maladies à virus de la pomme de terre dans le Nord-Dakota.** (Types of Potato virus diseases in North-Dakota) *Agric. Exp. Stat., North Dakota, Agric. Coll., Bull.*, p. 282, 1935.

L'auteur énumère et décrit les principaux types de maladies à virus: spindle ruber, mosaïque rugueuse, mosaïque douce, crinkle, enroulement, mosaïque internervienne, les types de curly dwarf.

L'aucuba mosaïc et le para crinkle manquent dans la région. L'auteur donne ensuite la liste des maladies à virus transmises par le *Myzus Persicae* SULZ.; il décrit les 2 méthodes permettant de contrôler l'état sanitaire de pieds isolés (tuber indexing) et donne un tableau permettant de se rendre compte par quels moyens les différents virus peuvent être transmis artificiellement des plantes malades aux plantes saines.

R. D.

DAVIES (W.-M.). — **Études sur les pucerons infectant les pommes de terre dans les champs :**

II. — Étude de la répartition des pucerons dans ses rapports avec les possibilités de sélection dans la région considérée.

III. — Effets de variation de l'humidité relative de l'atmosphère sur la tendance pour les *Myzus Persicae* ailés de prendre le vol.

IV. — Étude sur la migration et la biologie des ailés de *Myzus Persicae.*)

(Studies on aphides infesting the potato crop) :

II. — Aphis Survey its bearing upon the selection of districts for seed potato production. *Ann. Appl. Biology*, t. XXI, p. 283-299.

III. — Effect of variation in relative humidity on the flight of *Myzus Persicae. Ann. Appl. Biology*, t. XXII, p. 106-115, 1935.

IV. — Notes on the migration and condition of alate *Myzus Persicae.* SULZ. *Ann. Appl. Biology*, t. XXII, p. 549-557, 1935.

Le virus Y, qui cause la bigarrure de la pomme de terre, est transmis aux pommes de terre saines par les pucerons *Myzus Persicae*. Ces pucerons hivernent sur les choux et diverses crucifères sauvages, d'où les ailés essaiment en juillet-août pour se porter sur les pommes de terre; la tendance pour les ailés de prendre le vol est fonction de l'humidité relative et de la température; au-dessus de 13° l'aptitude au vol diminue dès que l'humidité relative dépasse 70 p. 100; au-dessus de 26 à 30° cette aptitude devient presque nulle dès que l'humidité relative dépasse 85 p. 100.

La proportion des ailés virulifères paraît extrêmement faible, mais les quelques ailés qui suffisent à introduire le virus Y dans une culture saine de pommes de terre créent des foyers de virus à partir desquels les *Myzus Persicae* aptères disséminent le virus de proche en proche dans la culture.

J. D.

GUBA (E.-F.). — **Lutte contre le *Verticillium*, agent de flétrissement de l'aubergine.** (Control of the *Verticillium* wilt of Eggplant.) *Phytopath.*, vol. XXIV, p. 906-915, 2 fig., 1934.

La sélection entreprise à partir de plantes qui ne montrent pas les symptômes extérieurs de la maladie, ne les extériorisent que tardivement ou paraissent résister à ce parasite, et poursuivie pendant plusieurs années, s'est montrée totalement inefficace. Il n'y a par ailleurs aucune variété résistante.

La maladie n'est pas transmissible par la graine. L'auteur met en relief une corrélation entre l'acidité du sol et l'intensité du mal. Les *p*H bas entravent le développement du parasite. Se basant sur ces constatations, des essais d'acidification du sol sont entrepris. Le sulfate d'aluminium ajouté à la terre de manière à y établir un *p*H inférieur à 5, aurait donné de bons résultats.

M. L.

RYKER (T.-C.). — **La jaunisse fusarienne du Céleri.** (*Fusarium* yellows of Celery.) *Phytopath.*, vol. XXV, p. 578-600, 7 fig., 1935.

L'auteur expose les résultats d'une étude sur le rôle pathogène et les relations avec les conditions du milieu des organismes associés à la jaunisse du céleri. Les parasites isolés appartiennent au genre *Fusarium*.

La maladie se développe bien dans le sol entre les températures 18 à 32°, la période d'incubation diminuant avec l'accroissement de la température jusqu'à 28°.

Toutes les variétés de céleri étudiées se sont montrées infectées dans la région corticale des racines secondaires. Cette infection ne paraît pas entraîner de désordres graves, au contraire, l'envahissement des vaisseaux de la racine principale produit toujours le jaunissement caractéristique.

M. L.

AINSWORTH (G.-C.). — **Mosaïque du concombre.** (Mosaïc disease of the Cucumber.) *Annals applied Biology*, t. XXII, p. 55-68, 1935.

Le virus n° 1, qui paraît se transmettre par les semences des melons, est capable d'infecter diverses Solanées sauvages ainsi que la cucurbitacée sauvage *Bryonia dioïca*. Il cause sur les concombres une mosaïque jaune des feuilles et des fruits. Les virus n° 3 et n° 4 ne sont pas transmissibles aux Solanées; le n° 3 cause une mosaïque vert foncé des feuilles, qui sont souvent déformées, mais il n'altère guère le fruit; le n° 4 cause, sur les feuilles, une panachure jaune ou argentée, et peut marquer les fruits. Le virus n° 1 est transmis par un grand nombre d'insectes; on ne connaît pas les vecteurs des n[os] 3 et 4.

J. D.

CHANCE (H.-L.). — **Influence de défoliations et de traumatisme foliaire sur la croissance et le rendement des haricots.** (The influence of various types of defoliation and leaf wounding upon the growth and yield of beans.) *Amer. Journ. Botany, t. XXI*, p. 85-107, 1934.

Dans une première série d'expériences, des disques de surface foliaire ont été enlevés à l'emporte-pièce pour reproduire expérimentalement les pertes de surface foliaire que provoquerait l'attaque d'insectes déprédateurs. Dans une seconde série, des déchirures ont été provoquées pour reproduire des lésions comparables à celles que causerait la

grêle. Les corrélations entre les surfaces foliaires supprimées ou traumatisées et les rendements en feuilles et en grains ont été étudiées statistiquement. L'auteur conclut que les valeurs des coefficients de corrélation ne sont pas significatives.

J. D.

TOWNSEND (G.-R.). — **Une pourriture de la laitue.** (Bottom rot of Lettuce.) *Exp. Sta. Rec.*, vol. 72, p. 208.

La pourriture observée sur la Laitue est rapportée à *Rhizoctonia solani;* elle intéresse la plante entière. L'auteur décrit la maladie, étudie les relations entre la plante et le parasite et envisage les traitements.

Rhizoctonia solani manifeste des différences très accusées quant à la virulence de souches diverses. L'isolement provenant de laitues se montre plus pathogène sur cette plante que toute autre souche prise sur un hôte habituel de *R. solani.*

L'optimum de croissance du champignon en culture se situe à 26° ; dans la nature, les fortes attaques s'observent à une température moyenne de 19°5 avec des minima supérieurs à 10°. L'humidité de l'atmosphère et du sol favorisent le dévelopement de ce champignon, mais à un moindre degré cependant que la température élevée ; les éléments fertilisants apportés n'interviennent qu'indirectement.

On ne connaît jusqu'ici aucune variété résistante ; certaines d'entre elles cependant, paraissent devoir à leur port dressé, d'échapper à l'infection. Dans la lutte contre la maladie, l'application de certains composés organiques au mercure aurait donné de bons résultats. On conseille en outre la rotation des cultures et la destruction des débris de récoltes.

M. L.

CALDWELL (J.). — **Empoisonnement des plantules de melon par des traces de cuivre dans les pots employés à la culture des melons dans une serre.** (The occurence of copper poisoning in a glasshouse crop.) *Annals Applied Biology*, t. XXII, p. 465-468, 1935.

Des traces de cuivre provoquent une décoloration « en mosaïque » des feuilles ; l'auteur insiste sur les causes d'erreurs que peuvent provoquer la présence ou l'absence de traces d'éléments dans le sol où sont élevées des plantes montrant des symtômes pathologiques.

J. D.

CHUPP (C.). — *Macrosporium* **et** *Colletotrichum*, **agents de pourriture des racines de navets.** (*Macrosporium* and *Colletotrichum* Rots of Turnip roots.) *Phytopath.*, vol. XXV, p. 269-274, 2 fig., 1935.

Macrosporium herculeum E et M et *Colletotrichum higginsianum* SACC. précédemment décrits comme parasites sur feuilles de diverses plantes appartenant à la famille des Crucifères, provoquent aussi des pourritures graves sur les racines. Ces altérations des navets s'observent sur les plantes en période de croissance et pendant la conservation en magasin.

Macrosporium herculeum E et M serait transmis par la graine, soit qu'il reste à sa surface, soit qu'il pénètre à son intérieur et sa destruction serait possible par un trempage de la semence dans l'eau chaude à 50° pendant 10 minutes.

La possibilité de transsmision par la graine n'est pas prouvée dans le cas de *Colletotrichum higginsianum* SACC. Le champignon passerait l'hiver dans les débris de récoltes.

M. L.

Campbell (L.). — **Le mildiou du pois causé par** *Peronospora pisi* (De B.) Syd. (Downy mildew of Peas caused by *Peronospora pisi* (De B.) Syd.) *Wash. Agr. Exp. Bull.*, 318, 8 fig, 1935.

Mémoire dans lequel sont exposés les résultats d'une étude poursuivie pendant les années 1933 et 1934 sur le mildiou du pois.

Les cultures observées dans la région de Washington se montrent infectés à 100 p. 100, 30 à 40 p. 100 des gousses sont atteintes. La perte à la récolte est chiffrée de 10 à 20 p. 100.

La maladie se traduit par des symptômes locaux (lésions sur feuilles, stipules, gousses) ou généraux (raccourcissement des entrenœuds, déformations, crispations du feuillage).

Le mycélium de *Peronospora pisi* se trouve communément dans les graines provenant de gousses infectées, les œufs dans les téguments de la gousse. Dans le cas d'infection généralisée, les œufs existent dans les parenchymes de toutes les parties aériennes de la plante.

La présence du mycélium dans les téguments de la graine incline à penser que la semence joue un rôle dans la conservation de la maladie, cependant les essais entrepris en serre pour vérifier ce point de la biologie du parasite n'ont pas donné de résultats concluants. Par contre, les observations faites dans les champs et les essais entrepris prouvent que le sol contaminé est une source d'infection primaire.

L'infection nécessite une humidité relative élevée maintenue pendant une durée minimum de 4 heures ; la présence d'eau condensée à la surface des feuilles n'est pas nécessaire.

Le développement de la maladie est favorisé par un temps humide et frais. Dix-sept variétés de pois inoculés expérimentalement se sont révélées sensibles à *P. pisi* et cela à un même degré.

Plusieurs espèces de *Vicia*, y compris *Vicia sativa* (L.), *Vicia villosa* (Rosx.) et *Vicia americana* (Muhl), poussent au milieu de pois infectés et ne sont pas atteintes. Le seul mildiou trouvé par l'auteur sur *Vicia Gigantea* (Hook), décrit comme nouvelle espèce (*Peronospora vicicola*) diffère morphologiquement et biologiquement de *P. pisi* (De B.) Syd.

Tous les traitements essayés en plein champ pour lutter contre le mildiou se sont montrés inefficaces. Dans des essais limites, la Bouillie bordelaise additionnée d'un mouillant, appliquée préventivement a donné des résultats convenables.

L'auteur conclut en préconisant l'emploi de semences provenant de régions où la maladie ne sévit pas et l'adoption d'une meilleure rotation des cultures.

M. L.

Snyder (W.-C.). — **Des taches sur feuilles, tiges et gousses de pois dues à un** *Cladosporium*. (A leaf, stem and pod spot of Pea caused by a species of *Cladosporium*.) *Phytopath.*, vol. XXIV, p. 890-995, 3 fig, 1934.

Étude d'une maladie du pois observée dans certaines régions de Californie et attribuée à une nouvelle espèce de *Cladosporium : Cladosporium pisicolum.*

Le champignon attaque les feuilles, les tiges et les gousses sur lesquelles il amène la formation de taches nécrotiques brunâtres plus ou moins régulières ; dans les conditions favorables de température et d'humidité, son développement est très rapide, surtout sur les tissus en voie de croissance.

Toutes les variétés de *Pisum sativum* inoculées expérimentalement se sont montrées sensibles.

L'infection primaire paraît provenir du sol contaminé par de précédentes cultures. Il ne paraît pas impossible non plus que le passage se fasse par la graine.

M. L.

Walker (J.-C.) et Murphy (A.). — **Une pourriture des bulbes d'oignons due à** *Aspergillus alliaceus*. (Onion-bulb decay caused by *Aspergillus alliaceus*.) *Phytopath.*, vol. XXIV, p. 289-291, 1 fig., 1934.

Observé sur l'ail, *Aspergillus alliaceus* est également pathogène sur l'oignon dont il provoque la pourriture des bulbes. Il n'intervient cependant qu'après la maturité, pendant la conservation. Comparativement à d'autres organismes qui produisent des pourritures

de bulbes, *Aspergillus alliaceus* se caractérise par un optimum thermique élevé atteignant 28-36°. Cette exigence particulière limite son extension et laisse entrevoir un moyen de préservation : la conservation des bulbes à une température inférieure à 20°.

M. L.

AINSWORTH (G.-C.), BERKELEY (G.-H.) et CALDWELL (J.). — **Comparaison de certaines maladies à virus de la tomate en Angleterre et au Canada.** (Comparison of certain English and Canadian Tomato-virus disease.)

AINSWORTH (G.-C.). — **Comparaison de certains virus de la pomme de terre affectant les tomates en Angleterre et au Canada.** (Comparison of certain English and Canadian Potato viruses found infecting Tomatoes) *Ann. Appl. Biol.*, t. XXI, p. 566-587, 1934.

Les mêmes virus, isolés ou en mélange, existent en Angleterre et au Canada, à l'exception du Ring mosaïc virus et du virus n° 9 du Tabac qui n'a pas encore été observé en Angleterre

Tous les virus observés sur la pomme de terre et inoculables à la tomate, représentent des formes plus ou moins virulentes du virus X.

AINSWORTH (G.-C.). — **Maladies à virus des tomates en serre.** (Virus diseases.), 20e rapport annuel, p. 60-66, *Exp. Res. Stat. Cheshunt, Herts*, 1935.

1° Mosaïque ordinaire et bénigne de la tomate due au virus n° 1 de la mosaïque du tabac.

2° Mosaïque jaune (*aucuba*) due au virus n° 6 du tabac.

3° Streak : *a.* streak Stripe dû à un seul virus dit virus n° 1 du Tomate Streak ; *b.* Combinaison streak dû au mélange du virus précédent avec un virus X de la pomme de terre.

4° Spotted Wilt

J. D.

BEWLEY (W. F.). — **Quelques désordres physiologiques des plantes de serre.** (Some physiological disorders of glasshouse crops.) *Ann. of Appl. Biology*, t. XXI, vol. II, p. 319-322, 1934.

L'auteur n'envisage que les maladies de tomates et concombres dues à des déséquilibres physiologiques. La *pourriture terminale des fruits* de tomate est provoquée par un arrosage insuffisant et favorisée par un excès de nitrates dans le sol. La maladie des *taches cireuses* caractérisée par des taches jaunes à la maturité des fruits est provoquée par un manque de potasse et de nitrates ou une mauvaise répartition en profondeur de ces éléments. Le manque de potasse provoque la persistance d'une zone verte autour de l'insertion du pédoncule sur le fruit, altération favorisée aussi par une température trop élevée qui tend à ralentir la production de lycopène. La production de fruits crevassés est due à une alternance de chaud et de froid pendant le développement.

Le flétrissement terminal des concombres est dû à une nutrition insuffisante et peut être atténué par un ralentissement momentané de la végétation, ralentissement que l'on obtient facilement en diminuant la température et en augmentant l'aération des serres.

J. B.

DUFRENOY (J.) et SHAPOVALOV. — **Modifications cytologiques dans les cellules du bourrelet de greffe de tomates affectées de Curly-stop sur tomates saines.** (Cytological changes in the Callus of the Graft Union in connection with Curly top in Tomatoes.) *Phytopath.*, t. XXIV, p. 1116-1118, 1934.

Au niveau du bourrelet de greffe beaucoup de cellules dégénèrent, mais certaines demeurent méristématiques et établissent entre les deux plantes greffées des ponts qui permettent le passage du virus de Curly top de la plante infectée vers la plante saine dans les cas où cette contamination se produit.

Les cellules profondes du bourrelet cicatriciel accumulent des cristaux d'oxalate de calcium; cette formation d'oxalate s'interprète biochimiquement par précipitation des ions oxalates par les ions calcium conformément à la théorie de WHITHKER et CHESTER.

J. D.

JONES (L. K.) et BURNETT (G.). — **Les maladies à virus des Tomates cultivées en serre.** (Virus diseases of glasshouse grown Tomatoes.) *Agric. Exp. Stat. Bul.*, t. CCCVIII. p. 5-35, Pullman Wash., 1935.

Sur la côte ouest des États-Unis, les principales maladies à virus affectant la tomate sont : « Curly Top. », grave surtout pour les Betteraves à sucre mais affectant des plantes de nombreuses espèces différentes et transmis par *Euttetix tenellus;* la maladie du « Delphinium virus » transmise mécaniquement par friction de feuille avec un linge imbibé de jus infectieux; « Fern-leaf » causé par le virus de la mosaïque du concombre et transmis par *Myzus Persicae;* « Spot necrosis » causé par le complexe des virus « veinbanding et latent » de la pomme de terre; « Spotted Wilt » transmis par *Frankliniella insularis* et *Thrips tabaci* à des plantes de dix-sept familles différentes; « Stripe »; « Veinbanding » (de la pomme de terre et du Tabac); « Witches Broom » (de la pomme de terre) transmissible à la Tomate par greffe; « Aucuba Mosaïc », « Mottle et Streak ».

J. D.

SAMUEL (G.) and BALD (J.-G.). — **Les lésions primaires permettent l'étude quantitative de deux maladies à virus.** (On the use of the primary lesions in quantitative work with two plant viruses.) *Ann. Applied Biology*, t. XX, p. 70.

SAMUEL (G.), BEST (R.-J.) and BALD (G.). — **Nouvelles études quantitatives sur deux maladies à virus.** (Further studies on quantitative methods with two plant viruses.) *Ann. Applied biology*, t. XXII, p. 508-524, 1935.

Les auteurs appliquent à l'étude des maladies à virus :

1° La méthode statistique mise au point par les Agronomes anglais sous le nom de « Latin squares »;

2° Les comparaisons d'une moitié de feuille avec la moitié symétrique de la même feuille, ou les comparaisons entre elles de demi-feuilles d'un lot considéré comme population, ou enfin les comparaisons de demi-feuilles expérimentalement traitées et inoculées avec un standard convenablement choisi.

Les auteurs ont précisé les conditions expérimentales dans lesquelles le virus doit être réparti avec une spatule en verre dépoli à la surface des feuilles. A la condition d'en répartir une quantité suffisante pour couvrir la feuille, la quantité de virus inoculé n'intervient plus sur le nombre des lésions obtenues, mais ce nombre de lésions, pour une quantité d'inoculum déterminée, dépend des conditions auxquelles les plantes ont été soumises immédiatement avant l'inoculation; le nombre des lésions dépend en particulier du *p*H et de la teneur en électrolytes. Le *p*H optimum pour le virus de « spotted wilt » de la tomate est compris entre 6 et 8,5; le virus de la mosaïque du tabac produit le nombre maximum de lésions lorsqu'il est inoculé dans une solution contenant 0,05 à 0,2 M. de phosphate de potasse.

Les auteurs recommandent de préciser le *p*H auquel est effectuée une inoculation des suspensions de virus. Indépendamment du *p*H et de la teneur en électrolytes, le virus du « spotted wilt » de la tomate peut encore être inactivé par les agents oxydants et peut au contraire être préservé par des réducteurs.

J. D.

SHAPOVALOV (M.) et DUFRENOY (J.). — **Études cytologiques sur une maladie à virus du type « Streak ».** (Cytologische Beobachtungen an einer Viruskrankheit vom Typus « Streak » oder « Strichel ».) *Phytopath. Zeitsch.*, VIII, p. 297-301, 1935.

Le Streak est une maladie de la tomate causée par le complexe du virus n° 1 de la mosaïque du Tabac et du virus X latent de la pomme de terre.

L'inoculation au Tabac du complexe « Streak » provoque les mêmes symptômes que l'inoculation du seul virus n° 1 (le Tabac ne prenant pas le virus X). L'étude cytologique confirme que le fait pour le virus n° 1 d'avoir cohabité dans la tomate affectée de Streak avec le virus X n'a modifié en rien les propriétés de ce virus en ce qui concerne les réactions de mosaïque qu'il peut provoquer sur *N. Tabacum* et les réactions nécrotiques qu'il provoque sur *N. Glutinosa.*

J. D.

SHAPOVALOV (M.). — **Effet de certains produits chimiques sur le mélange de virus de « combination streak »**. (Effect of certain chemicals in the « combination streak » virus of tomatoes) *Phytopath.*, XXV, p. 864-874, 1935.

L'auteur reconnaît trois types de substances : *a.* celles qui ont peu ou pas d'effet sur l'un ou l'autre virus du mélange ; *b.* celles qui ont un effet destructeur sur les deux composants, mais plus particulièrement sur le virus latent X (de la pomme de terre). Parmi ces substances se trouvent : des acides biliaires non conjugués, $CuSO^4$, $KHSO^4$, $NaC^7H^5O^3$, les suspensions d'iode, $Sb^2(SO^4)^3$, $Bi^2(SO^4)^3$ et H^2SO^3 ; *c.* celles qui agissent indifféremment sur l'un ou l'autre virus $CoSO^4$, $NiSO^4$ et $ZnSO^4$.

J. D.

SHAPOVALOV (M.). — **Transmission du virus du Curly top par greffe et par l'intermédiaire d'insectes.** (Graft Versus Insect Transmissions of Curly top in tomatoes. [tomato Yellows.]) *Phytopathology*, 25, p 884-853, 1935.

Une greffe par approche de tomate à laquelle le virus du Curly top est inoculé par l'intermédiaire d'*Eutettix tenellus*, permet l'infection d'une tomate saine avec un pourcentage de réussite qui dépend du degré d'infection de la tomate infectée. L'étude statistique montre que le maximum de chances de transmission est obtenu lorsque l'inoculation de l'une des tomates, par piqûre d'*Eutettix tenellus*, est effectuée en même temps que la greffe. La transmission est moins bonne lorsque l'inoculation de l'une des tomates est antérieure ou postérieure à la greffe.

En conclusion, l'infection d'une des deux tomates greffées l'une avec l'autre (par approche) ne provoque pas fatalement l'infection de la seconde.

Dans une deuxième série d'expériences, la soudure de la greffe étant bien assurée, la plante inoculée était sectionnée au-dessous de la soudure de la greffe, de telle sorte que le scion inoculé par l'insecte sept à huit jours auparavant continuait sa croissance aux dépens de la plante non directement inoculée par l'insecte. La manifestation de la maladie dans le scion n'était pas toujours suivie de son apparition dans la couche dont il avait été séparé et *vice versa.*

J. D.

SMITH (K. M.). — **Quelques maladies de plantes causées par les virus du tomato spotted wilt.** (Some diseases of ornemental plants caused by the virus of tomato spotted wilt.) *Journ. Roy. Hort. Soc.*, V, LX, p. 304-310, 1935.

Le virus du Tomato spotted wilt est transmis par le *Thrips tabaci* à un très grand nombre de plantes de genres différents (particulièrement des plantes de serre). Les méthodes de lutte consistent en la destruction des *Thrips* par des fumigations de nicotine, par la destruction de toutes les plantes reconnues infectées, par l'isolement des tomates et en tout cas par leur éloignement des dahlias, des arums et des calcéolaires qui sont les hôtes les plus sensibles.

« A moins d'une action concertée, les plantes d'ornement propagées par voie végétative atteindront un état de dégénérescence qui ne pourra manquer d'être préjudiciable à l'horticulture. »

J. D.

Dunegan (C.). — **Une maladie des semis de pêchers due à un *Phytophthora*.** (A *Phytophthora* disease of peach seedlings.) *Phytopathology*, XXV, 8 p., 800-809, 2 fig, 1935.

De jeunes pêchers dépérissants, l'auteur a isolé un *Phytophthora* qu'il rapporte au *P. cactorum* (L et C) Schröter et identique à celui qui avait été isolé en France à la Station centrale de Pathologie végétale de Versailles.

La maladie se manifeste par des taches brunes sur la tige à une certaine distance du sol. La tache entoure rapidement la tige, amenant un rougissement et une chute du feuillage Dans quelque cas on a pu observer le passage du champignon du porte-greffe dans un greffon.

L'attaque favorisée par une période de pluies abondantes se produit au début de la végétation. Des inoculations artificielles ont été facilement obtenues en recouvrant le sol d'un mélange de sable et de son infecté par le champignon en culture pure.

En culture, le champignon a produit des conidies et de nombreux oogones mesurant 32-38 μ de diamètre. Les œufs ont une membrane épaisse et mesurent 25 à 30 μ de diamètre. Les anthéridies sont en général paragynes. Le champignon pousse sur les milieux à *p*H variant entre 4 et 9.

L'étude des tissus parasités montre que le parasite se développe de l'écorce au cambium produisant une abondante gommose.

Des essais de traitement, par adjonction au sol de sulfate de zinc, sulfate d'alumine, fleur de soufre, soufre broyé et monosulfite de soufre n'ont pas donné de résultats concluants étant donné l'irrégulière répartition de la maladie dans les cultures traitées.

J. B.

Mix (A. J.). — **La biologie de *Taphrina deformans*.** (The life history of *Taphrina deformans*.) *Phytopathology*, XXV, 1, p. 41-67, 6 fig. 1935.

Dans cette importante contribution à l'étude du champignon de la Cloque du pêcher, suite de plusieurs autres travaux, l'auteur cherche à élucider l'hivernation de ce parasite. L'existence de mycélium pérennant n'a jamais été démontrée. Au contraire les conidies produites par le bourgeonnement des ascospores peuvent survivre tout l'hiver et produire les infections de printemps. Ces conidies ne sont pas localisées dans les écailles des bourgeons mais se trouvent aussi sur les rameaux.

La pénétration du parasite dans les jeunes feuilles peut se faire par les deux faces de la feuille, et l'auteur a pu étudier la progression du mycélium.

Une étude cytologique du parasite met en évidence la copulation accidentelle de deux conidies qui est sans doute un reste d'une ancienne fécondation.

La phase dicaryon dans ce champignon commence normalement par division d'un noyau d'une conidie. Les conidies provenant de chacune des 8 ascospores d'un asque sont capables de produire de nouvelles infections.

Des cellules de la dicaryophase et de la diplophase ont pu être obtenues en culture pure, de même que la forme asque qui bien qu'imparfaite a cependant produit quelques ascospores.

Dans la nature, le champignon est parasite dans sa phase diploïde et saprophyte dans sa phase haploïde. Le développement en culture ne peut être obtenu qu'à partir d'éléments haploïdes (ascospores ou conidies).

J. B.

Goidanich (G.). — **Une pourriture des pêches due à deux espèces de *Fusarium*.** (Un marciume delle pesche causato da due especie di *Fusarium*.) *Boll. della R. Staz. Pat. vég.*, XIV, 4, p. 475-491, 7 fig. 1935.

Pourriture de fruits due à deux espèces de *Fusarium* : *F. herbarum* (Cda) F. et *F. Poae* (Peck.) Wr caractérisée par une tache d'abord brune, recouverte ensuite d'un feutrage mycélien blanc, puis jaune-saumon.

Le champignon dans presque tous les cas s'est développé après lésion due à *Cydia*

molesta Busck. Ces champignons ont été aussi observés à l'état saprophyte sur les rameaux. Les variétés les plus attaquées étaient *Krummel*, *October* et *Hale*. On peut lutter contre cette maladie par un triage soigneux des fruits.

Durant la même année ont été observées des pourritures de pêches dues à divers champignons : *Rhizopus*, *Trichothecium*, *Penicillium*, *Alternaria*, etc.

J. B.

Palmiter (D. H.). — **Variabilité des cultures monospores de *Venturia inaequalis*.** (Variability of monoconidial cultures of *Venturia inaequalis*.) *Phytopathology*, XXV, 1, p. 22-47, 3 fig., 1934.

De l'étude de cultures monospores provenant de 14 variétés de pommes, l'auteur conclut qu'il n'y a pas de relation entre les variétés et les cultures obtenues. Les différences de caractères culturaux de lignées obtenues d'une même variété de fruit sont au moins aussi grandes que pour les lignées provenant de fruits différents. Ce champignon n'est donc pas une espèce homogène ou composée de formes bien définies, mais un mélange de lignées à caractères culturaux très variables et de pouvoir infectant différent pour les variétés de pomme inoculées. Quatre espèces de *Malus* n'ont pas été infectées : *M. theifera*, *M. angustifolia*, *M. floribunda*, *M. Arnoldiana*, les neuf suivantes l'ayant été avec une intensité décroissante : *M Niedzwetzkyana*, *M. ioensis*, *M. robusta*, *M. baccata*, *M. Sieboldi*, *M. toringoïdes*, *M. coronaria*, *M. Sargentii*, *M. Tschonoskii*. Des infections artificielles n'ont pas réussi sur *Amelanchier*, *Aronia*, *Cotoneaster*, *Crataegus* et *Sorbus*, confirmant les travaux d'Aderhold qui avait séparé les espèces de *Fusicladium* se développant sur ces plantes, du *F. dentriticum*.

J. B.

Kadow (K. I.). — **La maladie des bourgeons blancs du framboisier et ses relations avec le « bitter rot » des pommes.** (The raspberry white-bud disease and its relation to bitter-rot of apples) *Phytopathology*, XXV, 1, p. 91-103, 5 fig., 1935.

Cette maladie rappelle macroscopiquement celle qui est due à *Didymella applanata* (Niessl.) Sacc. Le champignon qui la produit est un *Glomerella* que l'auteur rapporte au *Glomerella rubicola* (Stone) S. et S. Les essais d'inoculation et les études effectuées par l'auteur avaient surtout pour but la détermination exacte du parasite et son rapprochement éventuel de l'espèce *Glomerella cingulata* qui a été signalée aussi sur Framboisier, mais il en diffère à la fois par les caractères morphologiques et par le mode d'infection.

J. B.

Loewel (E.-L.). — **Apparition de dégâts dus aux produits cupriques suivant les différentes époques de traitements.** (Die Auswirkung der Küpferschäden zu den eizelnen Spritzzeiten.) *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, II, p. 71-76, 1934.

A la suite de nombreux essais, l'auteur a pu faire les constatations suivantes :

1° Les traitements cupriques avant floraison ne donnent jamais de dégâts sur les fruits, mais peuvent provoquer des brûlures graves sur des jeunes feuilles blessées et empêcher leur développement ;

2° Des traitements sur la fleur, s'ils étaient permis, n'endommageraient pas celle-ci même à une concentration de 0.5 p. 100, et ne brûleraient que très peu le fruit, surtout si on emploie dans la suite la Bouillie sulfocalcique + Arséniate de plomb ;

3° L'intensité des dégâts causés sur les fruits augmente rapidement à partir de la chute des pétales jusque vers le 15 juin ;

4° A partir de la fin juin, les dangers de brûlures diminuent à nouveau, car à ce moment la pomme est mieux protégée.

G. R.

Petri (L.). — **Dégénérescence et nécrose du cambium des poiriers et des pommiers dans le Trentin et dans le Haut-Adige.** (Degenerazione e necrosi del cambio dei peri et dei meli nel Trentino e in Alto Adige.) *Bull. della R. St. Pat. vég.*, XIV, 3, p. 281-326, 24 fig., 1934.

Ce dépérissement des rameaux de pommier et de poirier serait dû à un arrêt d'activité de la zone cambiale. Bien que l'évolution de la maladie ressemble à une maladie parasitaire, aucun microorganisme n'a pu être identifié comme cause certaine de ces altérations qui rappellent la maladie des pruniers Burbank et le dépérissement des abricotiers.

J. B.

Wallace (T.). — **Quelques désordres physiologiques des arbres fruitiers.** (Some physiological disorders of fruit trees.) *Ann. of Appl. Biology*, t. XXI, vol. II, p. 322-333.

Le manque d'azote dans les cultures fruitières est fréquent, surtout dans les prés-vergers. Les symptômes en sont peu marqués : un manque général de vigueur et de fertilité amenant dans des cas extrêmes une pourriture des racines et une mort des rameaux.

Le manque de potasse cause la dessiccation périphérique des feuilles si fréquente sur pommiers, groseillers, et une chlorose des pruniers.

Souvent cette carence en potasse est due aux propriétés absorbantes des sols pour le potassium, propriétés très élevées dans certains, riches en sels de chaux et de magnésie.

Le manque de phosphore n'a été observé que dans des cultures en pots. Dans certains sols cependant pauvres en phosphore, l'addition de cet élément s'est montrée nuisible au pêcher qui a manifesté alors des symptômes de carence en éléments azotés.

Le calcaire peut, par son absence dans certaines cultures, provoquer une altération profonde du système radiculaire et un rabougrissement du feuillage en particulier dans les Citrus.

Dans les cultures fruitières, les carences en magnésium, soufre, magnésie, bore, n'ont jamais été observées en plein champ.

Certaines maladies caractérisées par des rosettes de feuillage ou une diminution de la dimension des feuilles ont pu être attribuées au manque de zinc. Une autre série d'altérations est due aux propriétés toxiques de certaines substances en excès, en particulier les composés du chlore et le bore.

J. B.

Branas (J.) et Bernon (C.). — **Époque des traitements du mildiou de la vigne.** *Annales de l'École Nationale d'Agr. de Montpellier*, XXXIII, 2, p. 67-95, 1934.

Après une revision critique des diverses méthodes suivies pour l'établissement des avertissements agricoles dans la lutte contre le mildiou, les auteurs préconisent un programme de traitement établi en fonction de la croissance de la vigne. Le nombre maximum de traitements évalué en comptant un traitement pour chaque accroissement de 15 centimètres des sarments, peut être réduit dans les divers cas de la pratique par l'étude d'un certain nombre de facteurs : nombre et répartition des germes, éléments climatologiques, éléments culturaux (labours, puissance de la vigne, rognages).

Les traitements spéciaux sur grappes (poudrages) sont nécessaires à partir du moment où les traitements liquides ne peuvent plus les atteindre et doivent être continués jusqu'aux approches de la véraison.

J. B.

Branas (J.) et Bernon (C.). — **Contribution à l'étude du court-noué de la vigne,** *Ann. de l'École Nationale d'Agr. de Montpellier*, XXX, 3 et 4, p. 150-154, 1935.

Étude critique des résultats d'une étude de M. Ranghiano sur le court-noué de la vigne et dont les conclusions prématurées établissaient l'existence d'un champignon parasite dans les tissus de la vigne. Des essais méthodiques de coloration ont montré que ce

pseudo-mycélium de champignon était formé par les matières tannoïdes, abondantes dans les plantes malades, qui avaient été modifiées par des techniques de fixation mal appropriées.

J. B.

VON KESSELER (E.). — **Inégale résistance des diverses variétés d'ananas à la pourriture des racines causées par** *Nematosporangium rizophthoron* (A preliminary study of varietal resistance in the pineapple to the root rot-fungus *N. r.*) *Am. J. Bot.*, XXI, p. 251-261, 1934.

L'inégale résistance des variétés a été appréciée statistiquement : 1° par l'extension de la pourriture d'extrémité de jeunes racines, 48 heures après l'inoculation (dans le sol) ; 2° par le pourcentage des racines pourries, 21 à 31 jours après inoculation (en solution minérale) ; 3° par l'inhibition de la croissance des plantes en sol infesté.

J. D.

MALENCON (G.). — **La question du bayoud au Maroc.** *Annales de cryptogamie exotique*, VII, 2, p. 43-83, 7 pl., 1 carte, 1935.

Description de cette maladie des palmiers dans le Sud marocain, en particulier ses deux formes d'attaque, rapide et lente.

L'auteur démontre que l'infection se produit par blessures. Le champignon parasite *Fusarium albedinis* se développe ensuite dans le stipe puis dans les autres palmes.

Un programme de traitement, établi d'après l'étude de l'évolution de la maladie, comprend outre des procédés culturaux évitant les blessures, la destruction des plantes malades et le goudronnage des plaies de taille.

J. B.

MEHRLICH (F.). — **Procédés de lutte contre les** *Phytophthora* **des jeunes plants d'ananas.** (Control of *Phytophthora* heart rot of pineapple plants.) *Phytopathology*, t. XXIV, p. 174-196, 1934.

La maladie de l'ananas connue sous le nom de « heart rot » est due à trois champignons du genre *Phytophthora*. Les produits suivants ont été essayés : en poudrage : soufre colloïdal, poudres sulfo-calcique et cupro-calcique, carbonate de cuivre, organo-mercuriques ; en traitement liquide : soufre mouillable, bouillies sulfo-calcique et bordelaise, bouillie au sulfate de nickel, carbonate de cuivre, etc. Sur 67 formules essayées, la plus efficace a été la bouillie bordelaise à faible concentration. Le meilleur procédé consiste à immerger les jeunes plants dans la bouillie. Dans les cas les plus favorables à la maladie, 80 p. 100 des plantes restent saines. Le prix de revient est de 15 dollars par hectare (22.000 pieds).

M. RAU.

MAUBLANC (M.) et ROGER (L.). — **Une nouvelle rouille du caféier au Cameroun.** *Bull. Soc. Myc. de France*, XLIX, 2, p. 193-202, 6 fig., 1934.

Une nouvelle espèce d'*Hemileia*, *H. coffeicola* est décrite sur des feuilles de caféier provenant du Cameroun. Cette espèce diffère d'*H. vastatrix* par la forme des taches sur les feuilles et par les caractères microscopiques. Les urédospores ont 24-32 × 18-26 µ ; les téleutospores 20-25 µ de diamètre.

L'examen d'échantillons d'herbier d'*Uredo Gardeniae-Thumbergiae* P. HENN. ont permis d'y trouver la forme téleutospore que les auteurs décrivent sous le nom d'*Hemileia Gardeniae-Thumbergiae* (P. HENN.) MAUBL. et ROG.

J. B.

Pascalet (M.). — **Les maladies cryptogamiques du caféier au Cameroun.** *Annales de cryptogamie exotique*, VII, 1, p. 21-31.

Sont signalés et décrits sur caféier les maladies et parasites suivants : champignon brun des racines : *Phellinus lamaoensis* (Murr.) R. Heim; champignon blanc des racines : *Leptoporus lignosus* (Vil.) R. Heim; Nécroses : *Polyporus Coffeae* Wakef.; *Botryodiplodia theobromae* Pat., *Rhizoctonia;* maladie rose : *Corticium Salmonicolor* B. et Br.; chancres : *Nectria coffeigena* Aver; algue : *Cephaleuros virescens* Kunz; nécrose due à un *Gibberella;* rouille : *Heimileia vastatrix* Berk. et Br.; Cercosporiose : *Cercospora coffeicola* B. et C.; maladie des taches foliaires : *Sphaerella coffeicola* Cooke; Fumagines.

Pour chacune de ces maladies, sont indiqués les traitements qui se sont montrés efficaces.

J. B.

Ocfemia (G. O.). — **Les Jassides, vecteurs du virus de la maladie du « Fiji » de la canne à sucre.** (An insect vector of the Fiji disease of sugar cane.) *Amer. Jour. Bot.*, XXI, p. 113-121, 1934.

La maladie du « Fiji » est transmissible par les adultes de *Perkinsielle vastatrix* Breddin. Les premiers symptômes (galles) apparaissent à la face inférieure des feuilles des cannes à sucre (POJ 2878) 28 à 86 jours après piqûres par des *P. v.* rendus virulents par séjour préalable sur des cannes infectées. Deux ou trois semaines après l'apparition des galles, on constate une inhibition de croissance des feuilles inoculées.

J. D.

Tims (E. C.). — **Une maladie des figuiers due à un** *Stilbum*. (A *Stilbum* disease of fig in Louisina.) *Phytopathology*, XXV, 2, p. 208-222, 2 fig., 1935.

Une maladie nouvelle est décrite en Louisiane sur des rameaux de figuiers et attribuée au *Stilbum cinnabarinum* Mont dont l'auteur confirme le rattachement à la forme parfaite *Megalonectria pseudotrichia* (Schw.) Speg. déjà indiqué par Petch. Des infections artificielles ont reproduit la nécrose des branches au bout de 5 à 6 semaines sur des arbres de la variété Céleste. La présence de blessures semble nécessaire.

Une lutte efficace contre ce parasite peut être effectuée par des soins culturaux et un badigeonnage des plaies de taille avec un antiseptique ou de la peinture.

J. B.

Savastano (G.). — **Recherches physiologiques sur le flétrissement des olives.** (Ricerche fisiologische sul raggrinzimento delle drupe dell'olivo.) *Boll. della R. Staz. Pat.*

L'évaporation par l'épiderme des fruits est bien moins élevée que dans les feuilles à cause du petit nombre de stomates et de leur transformation en lenticelle, quand l'accroissement du mésocarpe est terminé. Le flétrissement rapide des olives sur rameaux détachés est due à l'évaporation par les feuilles et au passage de l'eau des fruits dans les feuilles par le système vasculaire. Certaines opérations de taille et d'élagage pendant les périodes sèches sont favorables parce qu'elles diminuent l'évaporation. L'apport au printemps de fumures azotées amène un développement exagéré du feuillage qui est nuisible à la récolte.

Une forte dessication des fruits peut être nuisible à l'état sanitaire des arbres et il y aurait lieu d'étudier comparativement certaines altérations physiologiques : flétrissement, dégâts dus à la sécheresse et au vent.

J. B.

Hutchinson (W. G.). — **Résistance du** *Pinus sylvestris* **à un** *Peridermium* **cecidogène.** (Resistance of *Pinus sylvestris* to a gall-forming *Peridermium*.) *Phytopathology*, XXV, 9, p. 819-843, 4 fig., 1935.

Les recherches de l'auteur avaient pour but de mettre en évidence les facteurs de la résistance dans le cas d'infection de *Pinus sylvestris* par un *Peridermium* encore mal

déterminé, travail intéressant, étant donné le peu d'études similaires sur les arbres forestiers. Il n'y a pas entre les arbres sensibles et les arbres résistants de différence morphologique, ni de différence dans la composition chimique des tissus. Les réactions aux inoculations artificielles sont de trois types : *a.* formation de galle ; *b.* craquelure de l'écorce avec léger suintement de résine ; *c.* formation de petites surfaces nécrosées qui se cicatrisent peu à peu.

Dans les arbres sensibles, la progression rapide du mycélium amène la prolifération des tissus et la formation de galles, tandis que dans les individus résistants la mort rapide des cellules parasitées entraîne la mort du mycélium. Dans ce dernier cas la progression du champignon ne dépasse pas le cambium qui produit un abondant tissu cicatriciel riche en trachéides, cellules géantes, tylles et canaux résinifères. Ces zones nécrosées sont rapidement entourées de liège, puis de sclérenchyme, réaction qui est considérée par l'auteur comme d'importance secondaire.

Les diverses hypothèses sur la résistance : nutrition, toxines, etc., sont envisagées par l'auteur, mais le rôle prédominant d'aucune de ces actions n'a pu être mis en évidence.

J. B.

Mc Laughlin (Alice Mary). — **Une maladie fusarienne de *Cereus Schottii*.** (A *Fusarium* disease of *Cereus Schottii*) *Phytopathology*, vol. XXIX, n° 5, p . 495-506, 3 fig. 1934.

Une maladie fusarienne sur *Cereus Schottii* a été observée à Mexico et dans le sud de l'Arizona, c'est-à-dire dans les zones extrêmes de culture de l'hôte. Les plantes malades présentaient des lésions déprimées sur toute la moitié inférieure de la tige ; cette lésion était de couleur brun-noirâtre avec une bordure étroite vert-jaunâtre. Tous les tissus étaient intéressés, de telle sorte qu'on n'est pas arrivé à déterminer la zone de pénétration.

Un *Fusarium* a été isolé et des inoculations ont démontré qu'il est bien la cause de la maladie. Des cultures monospores ont permis d'observer la formation de microconidies, macroconidies et chlamydospores et de classer le parasite dans la section *F. elegans*, tout près de *F. oxysporum* dont il diffère par la petitesse des macroconidies et le pourcentage supérieur en spores ayant 4-5 cloisons ; de plus, le *Fusarium* étudié ne présente pas les caractères pédicellaires de *F. oxysporum*. On pourrait donc le considérer comme une variété de *F. oxysporum*.

L'inoculation des *Cereus* et de diverses espèces d'*Opuntia*, par introduction dans les tissus d'un morceau de culture sur gélose, a donné les lésions caractéristiques. Le changement de coloration des tissus s'étendait bien au delà des cellules renfermant les hyphes mycéliennes, ce qui entraîne l'hypothèse que le champignon secrétait des toxines. Par culture en milieu liquide, filtration du bouillon et immersion des tiges de *Cereus* dans le filtrat, l'auteur vérifie cette hypothèse et conclut à l'excrétion d'une matière toxique qui altère les cellules vivantes de l'hôte.

M. G.

Drayton (F. L). — **La pourriture sèche des glaïeuls due au *Sclerotinia gladioli*** (Massey) n. comb. (The *Gladiolus* dry rot caused by *Sclerotinia gladioli* (Massey) n. comb.) *Phytopathology*, vol. XXIV, n° 4, p. 397-404, 3 fig, 1934.

Cette maladie cause des dégâts dans les cultures de glaïeuls, aussi bien pour la production commerciale des bulbes que pour l'ornementation En raison de cette importance, la maladie a été étudiée depuis longtemps : il semble qu'elle ait été signalée dès 1883. Elle est caractérisée par la mort prématurée des plantes à la suite de l'invasion par le champignon des organes souterrains, y compris la base des gaines foliaires ; les bulbes et bulbilles présentent des lésions, avec des nécroses vasculaires. Les portions atteintes pourrissent et l'on y trouve alors de petits sclérotes qui sont les éléments de conservation du parasite. Des stromas mycéliens se forment dans les bulbes très atteints. Pendant longtemps, on ne connaissait pas de fructification à ce champignon et on n'avait pu en obtenir en culture. Le parasite était donc appelé *Sclerotium gladioli;* à la suite des travaux de l'auteur sur le groupe des *Sclerotium*, ayant mis en valeur la possibilité d'ob-

tenir des fructifications par mélange de cultures monosporées hétérothalliques, il réussit à obtenir des apothécies. Il donne donc une description complète du champignon qu'il nomme *Sclerotinia gladioli.*

Les publications antérieures avaient signalé son existence sur les diverses variétés de glaïeuls à grande fleur (*G. primulinus, G. communis*, etc.). Le présent travail indique qu'il attaque aussi *Montbretia crocosmiaeflora, Freesia, Lapeyrousia cruenta* et les *Crocus.*

La maladie est connue aux États-Unis, Canada, Angleterre, Écosse, Irlande, Hollande, Allemagne, France et Nouvelle-Zélande.

M. G.

Mains (E. B.). — **Les formes spécialisées de la rouille de l'Iris.** (Host specialization in the rust of Iris, *Puccinia iridis.*) *Am. Jour. Bot.*, XXI, p. 23-34, 1934.

Il existe au moins deux races de *Puccina iridis :* 1° *f. australis,* caractérisée par la grande susceptibilité de *I. fulva, I. foliosa;* 2° *f. septentrionalis,* caractérisée par la résistance de *I. fulva* et *I. foliosa;* de *I. sibirica, I. orientalis, I. graminea, I. Douglasiana, I. tenax, I. Purdyii, I. fœtidissima, I. inguilaris, I. Kaempferi, I. Pseudacorus* (*I. virginica* montre des formes sensibles et des formes résistantes), *I. fulva, I. ensata, I. verna, I. cristata* et de tous les Iris de la section Pogoniris. Il n'y a aucune corrélation entre la situation taxonomique d'une espèce dans le genre Iris et son comportement vis-à-vis de la rouille.

J. D.

Smith (K. M.). — **Une maladie à virus des Primevères.** (A virus disease of *Primula obconica* and related plants) *Annals applied Biology*, XXII, p. 236-239, 1935.

Une maladie analogue au virus n° 1 du concombre est isolé du *P. obconica.* Il est inoculable : au *Nicotiana tabacum* (où il provoque d'abord la chlorose des feuilles inoculées, puis une infection généralisée avec mosaïque aggravée de taches nécrotiques sur les feuilles jeunes) ; au *Nicotiana glutinosa* (où il cause une décoloration des feuilles, le développement de bourgeons adventices et l'inhibition de croissance) ; au *Nicotiana Langsdorffii* (où il provoque une faible mosaïque des feuilles jeunes) et enfin au *Datura* (où après une longue incubation il provoque une mosaïque ou l'apparition d'anneaux chlorotiques). Le virus paraît transmissible par les ailés de *Macrosiphum gei.*

J. D.

Jaczewski (A. A.). — **Éléments de Mycologie** (Œuvre posthume, rédigée par N. Naoumoff, Éditions d'État, Léningrad-Moscou, 1933, 1035 p., 251 fig., en russe).

Ouvrage important basé sur les conférences de l'auteur à l'Institut de mycologie et de phytopathologie comparée d'U. R. S. S., de 1922 à 1930. Peu avant sa mort, survenue le 12 février 1932, Jaczewski recevait les premières épreuves. Le rédacteur, M. Naoumoff, s'est contenté de quelques additions indispensables marquées d'un astérisque.

Après deux importants chapitres, consacrés à l'historique général et à la mycologie russe, vient une étude de la morphologie des organes végétatifs des champignons; le chapitre 4 traite de la cellule et de son contenu. L'auteur donne ensuite toute une série de renseignements sur la composition chimique, la physiologie, les propriétés nutritives et enfin une quantité de faits se rapportant à la croissance, aux conditions de développement et la distribution géographique des champignons. On peut dire qu'actuellement, nulle part ailleurs, on ne peut trouver tous ces faits systématiquement réunis en traité.

Une copieuse bibliographie complète cette œuvre intéressante pour l'étudiant comme pour le spécialiste et on peut juste déplorer l'absence d'une partie systématique qui aurait complété avantageusement ces éléments. Ne pouvant être résumé, cet ouvrage mériterait une traduction complète.

L. F.

Harris (H. A.). — **Formation d'anneaux nécrotiques à la suite de gelées, sur les arbres et arbrisseaux à feuilles caduques.** (Frost ring formation in some winter injured decideous trees and shrubs.) *American Journal of Botany*, vol. XXI, n° 8, p. 485, octobre 1934.

Dans les *Ligustrum*, les *Ulmus*, les *Salix*, les *Populus*, la gelée provoque, dans les tissus du bois, la plasmolyse de certaines cellules vivantes, la formation de parenchyme ligneux, la gommose et l'élargissement des rayons médullaires.

J. D.

Wieler (A.). — **Brûlures causées aux organes foliaires par les acides et les matières goudronneuses.** (Durch Säuren und teerige Stoffe hervorgerufene Aetzschäden an Blattorganen) *Phytop. Zeitsch.*, t. VII, p. 121-142, 1934.

Action des acides. — Il faut distinguer les lésions des parois extérieures des organes, causées surtout par les acides non volatiles, et les dégâts des gaz qui pénètrent dans les stomates. L'acide sulfurique n'agit que s'il est condensé en quantité suffisante à la surface des feuilles; il peut traverser la cuticule et la paroi de l'épiderme. Un séjour d'une semaine dans une atmosphère contenant 1 p. 500.000 d'anhydride sulfureux attaque un jeune sapin, si les pluies sont abondantes; l'acide se forme entre les jeunes aiguilles et atteint, non seulement les cellules épidermiques, mais l'hypoderme et une rangée ou deux de cellules du parenchyme. L'action du gaz sulfureux est la même, quand les aiguilles sont couvertes de neige ou de givre. De même aussi pour la suie qui, avec certains charbons, peut contenir jusqu'à 27 p. 100 d'acide. Les dégâts dus à la suie sont particulièrement nets chez l'ailante, dont les feuilles peuvent être percées de petits trous. L'acide chlorhydrique cause des lésions ponctiformes ou en tache, suivant qu'il est dissous dans la pluie, la rosée ou les particules de brouillard. Le chlore gazeux donne sur la betterave à sucre une sorte de panachure, des taches brunes sur les feuilles de trèfle. Les cellules atteintes sont aux environs des stomates; leurs parois sont épaissies et subérisées. Les tissus voisins se défendent par des formations de protection.

Action des matières goudronneuses. — Il se produit des colorations noires ou brunes dues à la précipitation des tanins. Les dégâts se manifestent d'abord à la partie supérieure des feuilles; l'épiderme peut seul être ateint, mais la croissance de la feuille est arrêtée localement, d'où une déformation. Au stade suivant, le tissu palissadique est attaqué; les chloroplastes disparaissent, les membranes de la cellule s'épaississent, finalement la cellule se subérise. Enfin, dans les cas encore plus graves, la lésion s'étend d'une face à l'autre de la feuille; elle est entourée d'une formation protectrice qui intéresse les diverses assises de cellules. Ces phénomènes sont très caractéristiques sur les feuilles de betterave fourragère. Les rosiers sont très sensibles aux matières goudronneuses et en constituent un bon réactif. La destruction de la substance foliaire amène une sous-nutritition de la plante, d'autant plus que la chlorophylle est surtout abondante à la face supérieure. Les constituants des goudrons jugés responsables des lésions sont surtout l'ammoniaque et les bases organiques. Ces produits peuvent provenir des cokeries, des graphiteries, des usines à gaz, des distilleries de goudron, des moteurs Diesel.

M. Rau.

Chabrolin (Ch.). — **Monographie d'une Santalacée :** le *Thesium humile*. Thèse, 130 p. XVIII planches, 1 graph., Paris, 1935.

Dans ce travail remarquable, l'auteur étudie au point de vue systématique et biologique, une petite Santalacée *Thesium humile* Wahl, qui vit en hémiparasite sur diverses plantes et en particulier sur les cultures de céréales en Tunisie où elle provoque des dégâts appréciables.

Après une révision des caractères morphologiques et anatomiques des divers organes, l'auteur rapporte les résultats de ses expériences sur la germination des graines de cette plante.

La graine de *Thesium humile* germe dans le sol en l'absence de toute plante-hôte.

mais la germination ne se produit pas en milieu aseptique. Elle peut être obtenue *in vitro* par l'action de certaines microorganismes, des champignons, qui détruisent le sclérenchyme en particulier : *Alternaria tenuis, Pleospora herbarum, Rhizopus nigricans, Penicillium glaucum, Polyporus ostreatus*, etc. Les bactéries du rouissage se sont montrées sans action.

Les téguments des graines étant perméables à l'eau et aux gaz leur action inhibitrice sur la germination serait due à l'obstacle qu'elles offrent à la dilatation de la graine par imbibition et donc à l'absorption d'une quantité d'eau suffisante pour que se produise la solubilisation des réserves par l'action diastasique.

Si les graines sont conservées à l'humidité à une température inférieure à 20°, il se produit dans la graine une accumulation de substances voisines de l'aldéhyde éthylique qui empêchent la germination (inhibition secondaire). Cet état disparaît quand la température s'élève, en été.

La température optima de germination est de 18-20°. Les germinations ne se produisent dans les champs que de novembre à janvier. Le développement, lent l'hiver, s'active au printemps pour s'achever en mai-juin.

Le *Thesium humile* est polyphage. Les suçoirs ne se forment qu'au voisinage d'une plante-hôte, et prennent à celle-ci de l'eau et des matières minérales et en particulier de la silice quand la plante parasitée est une graminée.

Le *Thesium* est confiné aux sols pauvres (tuffeux ou sablonneux) répartition explicable par une héliophilie marquée et il ajoute ses effets à ceux de la pauvreté du sol sur les céréales qui y sont cultivées.

De ces données biologiques l'auteur a pu déduire des procédés de lutte efficaces : amélioration de la fertilité du sol, assolement triennal (orge, fourrage, jachère, céréale), ou emploi de désherbants sélectifs (acide sulfurique, chlorate de soude, composés phénoliques extraits des goudrons), etc.

J. B.

TINGEY (D. E.). — **Prix de revient et efficacité comparés des procédés culturaux et des moyens chimiques (chlorates) pour la destruction du liseron, du chardon et du laiteron.** (The comparative cost and effectiveness of tillage and of chlorates in the control of morning glory, Canada thistle and perennial sow thistle) *J. of Am. Soc. of Agr.*, t. XXVI, p. 864-876, 1934.

Les pertes occasionnées par les mauvaises herbes sont supérieures à celles des maladies cryptogamiques, 3 fois plus fortes que celles que causent les insectes. Les façons culturales sont plus efficaces et moins coûteuses pour détruire les mauvaises herbes que les produits chimiques. La plante la plus difficile à combattre est le liseron.

M. RAU.

III. ZOOLOGIE AGRICOLE.

EDWARDS (E.) et THOMPSON (J.). — **Sur le charançon de la betterave,** *Atomaria linearis*, **et les moyens de le détruire.** (On the pigmy mangold beetle [*A. linearis* STEPH] and methods for its controls.) *The ann. of. appl. biol.*, t. XXI, p. 300-318, 1934.

L'insecte attaque les jeunes betteraves et en réduit considérablement la levée; il détruit les radicelles, creuse des cavités dans les grosses racines et attaque les feuilles. Parmi les méthodes de traitement essayées en pleins champs, les plus efficaces sont le trempage des graines dans le phénol à 1 p. 100 ou le sulfate de magnésie à 5 p. 100. Le traitement des semences à la naphtaline brute diminue nettement la germination. Les différences d'attaque suivant les variétés de betteraves sont faibles, mais la betterave fourragère est plus sensible.

M. RAU.

Goffart (H.). — **Biologie et destruction du nématode de la pomme de terre.** *Heterodera Schachtii.* (Uber die Biologie und Bekämpfung des Kartoffelnematoden, *H. Schachtii* Schmidt.) *Arb. aus dem biol. Reichs.*, t. XXI, p. 73-108, 1934.

La biologie est analogue à celle des nématodes de la betterave et de l'avoine; il n'y a qu'une génération par an. Les plantes-hôtes sont essentiellement la pomme de terre et la tomate; d'autres sont douteuses. Les attaques sont souvent accompagnées par celles de *Rhizoctonia solani* sur le feuillage. Certains produits incorporés au sol favorisent la dispersion des larves; c'est le cas des huiles animales. Ces huiles, ainsi que le sulfure de carbone, ne sont pas d'un emploi économique; les traitements à l'ammoniaque et à naphtaline ne sont pas non plus recommandés. Les carbolineums dilués à 5 p. 100 donnent une augmentation de rendement, plutôt en chassant les larves qu'en les détruisant; leur action est nocive dans les terres très légères. Le meilleur moyen de lutte indirecte est un assolement approprié.

M. Rau.

Korff (G.) et Böning (K.). — **Les mouches du céleri et la façon de s'en défendre.** (Selleriefliegen und ihre Bekämpfung.) *Prakt. Blätter*, t. XI, p. 261-265, 1934.

Les principales mouches attaquant le céleri sont *Acidia heraclei* et *Psila rosae*. Les moyens de lutte sont peu efficaces. Contre la première, qui attaque les feuilles, on peut employer des répulsifs : pétrole, acide carbolique, huile d'anthracène. La seconde mouche attaque les racines; on peut arroser copieusement le sol avec du chlorure mercurique à 0,06 p. 100, ou le saupoudrer de naphtaline, de suie, de poussière de tabac. Pendant la période de ponte, traiter à la poudre de derris.

M. Rau.

Pussard (R.). — **Note préliminaire sur les méthodes de lutte contre le bupreste des arbres fruitiers.** *Capnodis tenebrionis L. C. R. Ac. Agr.*, t. XX, p. 1010-1019, 1934.

Les mesures de destruction proposées sont les suivantes : contre les adultes, ramassage et poudrage au fluosilicate de baryum. Contre les œufs, pulvérisation de sulfate de nicotine à 0,15 p. 100 d'alcaloïde. Contre les larves, badigeonnage des arbres par l'huile de paraffine à 2 p. 100, l'émulsion étant additionnée de 20 p. 100 de fluosilicate de baryum; les traitements à la nicotine sont également efficaces. Les fumigations à l'acide cyanhydrique semblent sans action sur les œufs et les larves. Celles-ci sont très difficiles à atteindre dans leurs galeries; un produit contenant 5 p. 100 de paradichlorobenzène s'est montré insuffisant.

M. Rau.

Worthley (H. N.). — **Traitements expérimentaux contre le Carpocapse en Pensylvanie en 1933.** (Codling moth spraying experiments in Pensylvania in 1933.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 240-244, 1934.

Pour la protection des fruits, les meilleurs résultats ont été donnés par la série suivante : un traitement à la floraison, au moyen d'arséniate diplombique, de bouillie sulfocalcique ou de sulfate de nicotine, puis 5 ou 6 traitements à l'arséniate de plomb échelonnés sur toute la saison. Un lavage des pommes est alors nécessaire. On peut éviter le lavage en remplaçant les dernières pulvérisations arsenicales par la nicotine additionnée d'huile. On a constaté des brûlures avec l'emploi d'arséniate de chaux et aussi quand on fait suivre le traitement à la bouillie sulfo-calcique d'une application de nicotine.

M. Rau.

Flint (W.). — **La lutte contre le Carpocapse au moyen d'insecticides dans le Michigan, l'Ohio, l'Indiana et l'Illinois.** (Codling moth control by the use of insecticides in Michigan, Ohio, Indiana and Illinois.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, n° 1, p. 141-143, 1934.

Parmi les arsenicaux, l'arséniate diplombique présente l'efficacité maxima; viennent ensuite les arséniates de plomb, zinc, manganèse, calcium, magnésium. Les produits non arsenicaux se classent ainsi, par ordre d'activité décroissante : cryolithe additionnée d'huile, nicotine, + huile, fluosilicate de baryum + huile, huile employée seule, tannate de nicotine seul.

M. Rau.

Felt (E. P.). — **La lutte contre la maladie de l'orme et le scolyte.** (Dutch elm disease control and the elm bark borer.) *J. Econ. entom.*, t. XXVII, p. 315-319, 1934.

La maladie de l'orme, due à *Graphium ulmi*, commence à faire de grands ravages aux États-Unis. Le principal agent de transmission étant le scolyte de l'orme, *Scolytus multistriatus*, l'auteur propose de s'attaquer avant tout à l'insecte.

M. Rau.

Nash (R. W.). — **Le charançon du saule, *Orchestes rufipes*, et sa destruction dans le Maine.** (The willow flea weevil, *O. rufipes*, Lec. and its control in Maine.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 336-339, 1934.

La larve de l'insecte mine les feuilles de saule, notamment de *Salix pentandra*, et les adultes s'attaquent aux bourgeons et aux jeunes pousses. L'emploi d'arsenicaux, de produits fluorés, de répulsifs comme la bouillie bordelaise, ne donne que des résultats insuffisants. Le meilleur résultat est obtenu avec le sulfate de nicotine dilué 600 fois et additionné de savon de potasse. Deux applications diminuent les dégâts de 99 p. 100.

M. Rau.

IV. PHYTOPHARMACIE.

Wolff (F.). — **Méthode de Laboratoire pour l'essai rapide des produits destinés au traitement des semences, notamment contre la fusariose.** (Eine Laboratoriumsmethode zur schnellen Prüfung von Saatgutbeizmitteln — bes. zur Fusariumbekämpfung.) *Pflanzenbau*, t. X, p. 228-233, 1933.

Cette méthode donne, en 4 ou 6 jours, des renseignements quantitatifs concernant l'action fongicide des produits et leur influence sur la germination. Elle s'effectue à la température ordinaire, n'exige ni examen microscopique, ni matériel spécial. Le principe consiste à observer en boîte de Petri, sur gélose, la germination et le développement de grains de seigle inoculés par *Fusarium culmorum*. Composition du milieu : 0,5 p. 100 d'empois d'amidon, 0,02 p. 100 de phosphate mono-potassique, 0,02 p. 100 de nitrate de calcium, 0,2 p. 100 de peptone, 2 p. 100 de gélose.

M. Rau.

Habukawa (C.) et Kumashiro (S.). — **Études sur les traitements gazeux à la chloropicrine.** (Studies on fumigation with chloropicrin.) *Ber. des Ohara Inst.*, t. V, p. 407-430, 1934.

Les essais ont porté sur la destruction de *Sitotroga cerealella*, dont la chenille attaque les grains de blé. Les œufs sont plus sensibles à la chloropicrine que les larves et les pupes : quand la masse de blé à traiter est faible, les œufs sont tués en 48 heures à la concentration de 4 grammes par mètre cube. Pour détruire complètement les larves et

pupes, il faut au moins 8 grammes par mètre cube pendant 48 heures. Dans les grandes masses de grains, la circulation des gaz est retardée, et la mortalité des insectes diminue au fur et à mesure qu'augmente l'épaisseur de la couche de blé. A 1 mètre de la surface, les larves ne sont pas tuées par les traitements courants des silos, à moins qu'on n'établisse une circulation d'air forcée. Dans ce cas, on atteint 93 à 99 p. 100 de mortalité, avec une concentration de 20 à 32 grammes de chloropicrine par mètre cube, maintenue pendant 72 heures. Si la température dépasse 27°, on obtient le même résultat avec 16 grammes par mètre cube. Le charançon du riz adulte, *Calandra orizae*, est plus sensible à la chloropicrine. La mortalité est presque complète en 72 heures, à 22°, avec une concentration de 16 grammes par mètre cube. L'orge est plus sensible que le blé à la chloropicrine; un séjour de 72 heures à 16 grammes par mètre cube diminue la germination de 20 à 30 p. 100. Le blé ne subit pas de dommage, si on ne dépasse pas une durée de 72 heures; une prolongation du traitement n'amènerait d'ailleurs aucune augmentation d'action insecticide.

M. Rau.

De Ong (E. R.). — **L'emploi du carbonate de calcium contre les charançons.** (Calcium carbonate as a weevil control.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 1131-1132, 1934.

Au Japon, il est d'usage d'ajouter au riz une petite quantité de carbonate de chaux, pour lui conserver son parfum et empêcher son échauffement. Cette pratique empêche le développement des charançons, tels que *Sitophilus orizae* et *Tribolium confusum*. Dans un récipient plein de riz additionné de carbonate, on a mis 35 insectes, et on en a retrouvé 23 au bout d'un an; avec du riz non traité, 17 charançons en ont donné 175 en un an.

M. Rau.

De Long (D. M.). — **Valeur comparée de la bouillie bordelaise, du soufre et du pyrèthre pour diminuer le pullulement de la cicadelle de la pomme de terre, *E. fabae*.** (The relative value of Bordeaux mixture, sulphur and pyrethrum products in reducing populations of the potato leafhopper [*Empoasca fabae* Harris].) *J. Econ. Entom.*, t. XXIII, p. 525-533, 1934.

La bouillie bordelaise diminue le nombre des *Empoasca fabae* qui attaquent la pomme de terre et le haricot. Elle possède un effet résiduel et les jeunes larves meurent à l'éclosion plusieurs jours après le traitement. Elle cause parfois des brûlures aux plantes. Parmi les insecticides de contact, le pyrèthre seul donne des résultats; il est très toxique pour cet insecte, mais non persistant. Le soufre mouillable, en bouillie, donne d'excellents résultats et se montre aussi persistant que la bouillie bordelaise. Les poudrages au soufre passant au tamis de 300, additionné de 5 ou 10 p. 100 de pyrèthre, donnent de très bons résultats : la poudre de pyrèthre, même en petite quantité, a une action immédiate et le soufre une action persistante. Les soufres agissent en même temps contre d'autres parasites, notamment le tétranyque rouge du haricot. La bouillie bordelaise est sans action dans ce cas.

M. Rau.

Gros (R.). — **Premières remarques sur l'étude expérimentale de l'effet toxique présenté par divers sels arsenicaux sur le Doryphore de la pomme de terre.** *Rev. de Path. vég.*, t. XXI, n° 1, p. 75-81, 1934.

On a cherché à évaluer la quantité de produit arsenical absorbé par une larve de Doryphore, jusqu'à sa mort, si on la nourrit de feuilles de pommes de terre traitées par différents produits. Cette quantité est maxima avec l'arséniate diplombique, elle est beaucoup moindre avec l'arséniate tricalcique et elle atteint le minimum avec le vert de Paris (acéto-arsénite de cuivre). La dose d'arsenic mortelle pour une larve de 3e âge, est inférieure à 5 millièmes de milligramme sous forme d'arséniate diplombique et à 2 millièmes sous forme de vert de Paris.

M. Rau.

HUCKETT (H. C.). — **Emploi du derris en pleins champs, à Long-Island, pour la lutte contre les chenilles du chou.** (Field tests on Long Island of Derris as an insecticid for the control of cabbage worms.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 440-445, 1934.

De très bons résultats ont été obtenus avec une poudre de derris diluée dans l'argile; on fait 4 applications à 15 jours d'intervalle. La teneur optima en roténone est de 0,5 p. 100. Les meilleurs diluants pour la poudre de derris sont le talc, l'argile et la poudre de tabac. La chaux éteinte diminue la toxicité. Les bouillies au derris semblent moins actives que les poudres. Le teneur de 0,1 p. 1.000 de roténone est convenable. L'addition de divers mouillants augmente l'efficacité des bouillies.

M. RAU.

GASOW (H.). — **Destruction chimique des larves de tipules,** *Tipula paludosa* **et** *oleracea*. (Zur Bekämpfung der Schnakenlarven [*Tipula paludosa* MGN. et *T. oleracea* L.] mit chemischen Mitteln.) *Landw. Jahrb.*, t. LXXVII, p. 68-112, 1933.

Les produits essayés comprennent des poisons respiratoires et de contact : ammoniaque, purin, chaux, engrais potassiques, superphosphate, cyanamide, chlorure d'ammonium, et des insecticides alimentaires, arsenicaux et fluorés. Le Vert de Paris (acéto-arsénite de cuivre) est très actif : les larves empoisonnées contiennent 1 μ d'arsenic. Le fluosilicate de sodium présente le même intérêt; on a essayé également le fluorure de sodium. La toxicité générale de ces divers produits est étudiée.

M. RAU.

MAUGHAN (F.). — **Nouvelles études sur la lutte contre le Thrips de l'oignon.** (Further studies on the control of onion *Thrips*.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, n° 1, p. 109-112, 1934.

Quatre traitements se sont montrés efficaces contre *Thrips tabaci* : naphtaline + poudre de pyrèthre, naphtaline + chaux, poudre à la nicotine, naphtaline brute épandue à la main. Les applications se font du début de juillet au 5 août. Le nombre des Thrips est réduit de 80 à 95 p. 100. Mais les traitements à la nicotine et au pyrèthre doivent être éliminés, à cause de leur prix de revient. On peut donc conclure à l'utilisation de la naphtaline, soit au moyen d'une poudreuse, soit par simple épandage.

M. RAU.

STEINWEDEN (J. B.). — **Traitements gazeux contre le perce-oreille,** *Forficula auricularia* **pour les plantes de pépinière.** (Fumigation for european earwing [*F. auricularia* LINN.] in balled nursery stock.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 919-923, 1934.

Le perce-oreille est difficile à détruire; les plantes sont souvent plus sensibles que lui aux agents chimiques. Certaines peuvent être traitées au cyanure de calcium : pour une plante de 1 mètre de haut, 20 grammes de produit pendant 24 heures. Pour une plus petite plante, le paradichlorobenzène est efficace à la dose de 28 grammes pendant 48 heures. La naphtaline est sans effet à la même dose pendant 96 heures.

M. RAU.

SNAPP (O. J.) et THOMPSON (J. R.). — **Nouvelles expériences en vue de la destruction de la Sèsie du pêcher, en pépinière et au verger.** (Further experiments in the control of the peach borer on nursery stock and orchard trees.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 771-779, 1934.

Aegeria exitiosa attaque surtout les jeunes arbres, dans le bois desquels elle creuse des galeries. Le chlorure d'éthylène liquide, répandu au pied des arbres et couvert de terre, tue tous les insectes à la dose de 56 grammes par arbre; il n'est pas toxique pour les plantes. Le tétrachlorure de carbone est moins actif et plus dangereux. Le paradi-

chlorobenzène donne de bons résultats en solution dans l'huile de coton ; il ne fait pas de dégâts aux arbres. Il tue les œufs et les insectes. Les doses varient de 2 grammes pour un arbre de pépinière à 14 grammes pour un arbre de 5 ans.

M. RAU.

STAEHELIN (M.) et BOVEY (P.). — **La pratique du traitement des arbres fruitiers.** *Rev. Hort. Suisse*, n° 10, octobre 1933.

Exposé pratique de l'ensemble des traitements d'arbres fruitiers. Les traitements d'hiver sont tout à fait insuffisants contre la tavelure du pommier et du poirier, et le *Corynéum* des arbres à noyaux. Les chenilles de Carpocapse et d'Hyponomeute y résistent souvent. Les organismes atteints par les carbolineums sont : les œufs de pucerons, de psylles, d'araignée rouge, de cheimatobies, de pucerons lanigères, certaines cochenilles, le Phytopte du poirier, les spores de *Monilia*. Au sujet des traitements d'été, quelques remarques sont faites sur le Carpocapse : les vols commencent un mois après la floraison et durent jusqu'à la fin juillet. Les variétés de pommiers les plus attaquées sont : *Calville blanc d'hiver, Rainette du Canada, Reine des Rainettes, Transparente de Croncels.*

M. RAU.

HODGKISS (H. E.), WORTHLEY (H. N.) et HALEY (D. E.). — **Le Carpocapse en Pensylvanie.** (Codling moth in Pensylvania.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 232-289, 1934.

L'auteur a étudié les traitements arsenicaux, en considérant surtout les variations de l'arsenic déposé sur les pommes. Ces variations sont fonction du temps, de l'intensité des pluies, du grossissement des fruits. Les pommes grossissent surtout en juin et, pour les variétés tardives, en août. Si on cesse les traitements fin juin, le seul fait dû grossissement des fruits fait tomber au 1/6ᵉ de sa valeur la charge d'arsenic par unité de surface. Mais pour les pulvérisations exécutées après le mois de juin, le lavage par la pluie devient le facteur principal dans la diminution de l'arsenic. On peut obtenir une bonne protection au moyen de 3 ou 4 traitements à l'arseniate diplombique, sans former un dépôt excessif d'arsenic ou de plomb. Les conditions du succès sont : un dosage correct des produits, l'application faite au moment favorable, une bonne répartition sur le feuillage et les fruits, l'emploi d'un outillage bien étudié.

M. RAU.

THOMPSON (F.) et WORTHLEY (H.). — **Étude de l'emploi pratique des huiles de pin pour la destruction des larves hivernantes de Carpocapse.** (Field studies with pine oils as destroyers of overwintering codling moth larvae. *J. Econ. Entom.*, t. XXVI, n° 6, p. 1112-1117, 1933.

Un mélange de diverses fractions d'huile de pin distillée est appliqué au pinceau ou à la brosse sur les parties les moins lisses des arbres : tronc, grosses branches, fourches, crevasses, chancres. Il pénètre à travers les cocons de Carpocapse et tue les larves. Il faut l'employer en assez grande quantité ; aucune action nocive pour l'arbre n'est à craindre, si on ne traite pas les jeunes branches. Ce procédé permet de réduire la population de Carpocapses de 1/3 à 2/3.

M. RAU.

WEBSTER (R. L.). — **Dépôt d'arsenic et protection contre le Carpocapse.** (Arsenic deposit and codling moth control.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 410-417, 1934.

La destruction des Carpocapses croît rapidement avec la concentration des bouillies, jusqu'à ce que celles-ci atteignent 0,75 ou 1 p. 100 d'arséniate diplombique. Ensuite, la destruction n'augmente plus guère. Le grossisement des pommes amène une diminution de l'arsenic par unité de surface de 3.6 p. 100 chaque jour au début de la saison, et de 1,3 p. 100 à la fin. Pour empêcher l'entrée des vers, il faut un dépôt de 12 μ d'arsenic par centimètre carré, ce qui correspond à 18 milligrammes par kilogramme de fruits. Ce dépôt peut être obtenu avec une concentration de 0,75 p. 100 en arséniate de

plomb. Les variétés de pommes présentent des différences de résistance à l'attaque du Carpocapse. L'addition d'huile de pétrole à la bouillie arsenicale augmente la quantité d'arsenic fixée et la régularité de la répartition; l'huile sert aussi d'ovicide. On peut alors réduire la concentration en arséniate à 0,5 p. 100. L'huile de poisson s'emploie à 0,06 p. 100 et n'est pas ovicide à cette concentration; moins diluée, elle causerait des brûlures. Après les traitements à l'arséniate additionné d'huile, un lavage au silicate de soude est nécessaire. Pour un dépôt d'arsenic égal, l'arséniate de manganèse donne une fois plus de pommes véreuses que l'arséniate de plomb, l'un et l'autre étant additionnés d'huile. L'arséniate de chaux + huile de poisson est équivalent à l'arséniate de plomb sans huile. L'arséniate de chaux avec 0,25 p. 100 d'huile minérale donne un dépôt d'arsenic (24 μ par cm^2) et une protection supérieurs à ceux de l'arséniate de plomb seul. Le dépôt le plus tenace est obtenu par le mélange d'arséniate de plomb, huile de pétrole et acide oléique, avec le silicate de soude comme émulsif; au moment de la récolte, on retrouve 23 milligrammes d'arsenic par kilogramme de pommes après 4 traitements, et 70 milligrammes après 6 traitements. L'emploi de caséinate de chaux comme mouillant diminue le dépôt d'arsenic; le savon n'est pas compatible avec l'arséniate de plomb.

M. Rau.

Borden (A. D.). — **La méthode de « tank-mixture » pour les traitements d'hiver aux huiles minérales, sur les arbres fruitiers à feuilles caduques en Californie.** (The tank-mixture method for dormant oil sprayings of deciduous fruit trees in California.) *Agr. Exp. St. Berkeley, Cal.* Bull. 579, 20 p., 1934.

La méthode de « tank-mixture » consiste à utiliser les huiles de pétrole en mélange avec l'eau, sans émulsif, l'émulsion étant assurée au moment du traitement par une agitation suffisante dans le pulvérisateur. Elle est actuellement d'un emploi courant en Californie. On emploie des huiles assez raffinées, dont le degré de sulfonation varie de 60 à 74. L'efficacité d'un traitement dépend de l'importance du dépôt d'huile sur les plantes; ce dépôt varie beaucoup avec les huiles commerciales émulsionnées : de 0,13 à 0,34 milligramme par centimètre carré, pour des émulsions à 5 p. 100. La méthode de « tank-mixture » supprime cet inconvénient. Son prix de revient est moitié de celui que donnent les produits commerciaux. Avec des agitateurs à palettes d'un type spécial, une vitesse de rotation de 100 tours par minute est suffisante. On peut ajouter à l'émulsion un mouillant à base d'albumine de sang.

M. Rau.

Hammer (O. H.). — **Essais d'émulsions de pétrole contre le charançon du pommier,** *T. quadrigibbus* (Experiments with kerosene emulsions against the apple curculio [*Tachypterellus quadrigibbus* Say].) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 367-369, 1934.

En applications expérimentales, le kérosène mis en émulsion à 25 ou 50 p. 100 à l'aide d'argile (100 gr. par litre) donne une destruction complète des insectes. L'addition de paradichlorobenzène ou de naphtaline est inutile. L'huile de pin est peu efficace.

M. Rau.

Frost (S. W.). — **Notes sur les émulsions d'huiles d'été.** (Notes on summer oil emulsions.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 459-461, 1934.

Les huiles de pétrole peuvent être employées à la concentration de 2 p. 100 sur les pommiers en pleine végétation, mais elles causent des brûlures graves si on les additionne de soufre ou de bouillie sulfo-calcique. Avec la bouillie bordelaise, il se forme un dépôt persistant qui amène une décoloration des fruits. Certaines huiles de pétrole sont supportées par le feuillage du pêcher à 2 p. 100; on peut y ajouter sans danger du soufre mouillable ou de l'arséniate diplombique.

M. Rau.

Fisher (D. F.). — **Le lavage des fruits fortement traités.** (Cleaning heavily sprayed fruit) *Meeting of Maryland State Hort. Soc.*, janvier 1934.

Les tolérances d'éléments toxiques restant sur les fruits au moment de la vente ont été fixées en 1934 à 1 milligramme par kilogramme pour l'arsenic, 2 milligr. 75 pour le plomb, 1 milligr. 4 pour le fluor. Il n'y a à s'inquiéter que du plomb et du fluor, car les procédés qui les éliminent enlèvent en même temps l'arsenic. On a étudié les techniques de lavage permettant d'obtenir des fruits conformes aux tolérances, à la suite de différents traitements. Traitement à l'arséniate de plomb seul : le lavage est facile pour les fruits ne portant que 25 milligrammes de plomb par kilogramme. Traitement à l'arséniate, puis à la nicotine + huile : lavage plus difficile, à moins que la teneur en plomb ne descende à 11 milligrammes de plomb par kilogramme. Traitement à l'arséniate, puis à la cryolithe : pas de difficulté spéciale. Traitement à la cryolithe additionnée d'huile : aucun lavage n'est possible. Les arséniates de manganèse ou de calcium sont facilement lavés, mais les fruits sont insuffisamment protégés contre les insectes. Une formule de lavage est donnée : 1,5 p. 100 d'acide chlorhydrique, 2 p. 100 de chlorure de sodium, 1 p. 100 d'huile légère ; température du bain, 38°. Le lavage d'une caisse de fruits revient à 0 fr. 25.

M. Rau.

Horsfall (J. L.) et Jayne (D. W.). — **Produits anti-mousse à employer dans les machines à laver les pommes.** (A defoaming material for use in apple washing machines.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 259-261, 1934.

Une des difficultés du lavage des pommes à la machine, pour l'élimination des résidus toxiques, est la formation des mousses. De nombreuses matières ont été essayées en addition aux liquides de lavage, pour éviter cet inconvénient. Le seul produit retenu par les auteurs est un mélange d'éthers d'acides gras et d'alcools à haut poids moléculaire. On l'emploie mélangé à une huile de pétrole.

M. Rau.

Dulac (J.). — **Utilisation des propriétés du sulfure de cuivre pour la lutte contre les maladies cryptogamiques.** *C. R. Ac. d'Agr.*, t. XX, p. 650-652, 1934.

Le sulfure de cuivre serait supérieur, pour les traitements fongicides, aux bouillies cupriques ordinaires, dont les dépôts sont insuffisamment solubles dans les eaux pluviales et chez lesquelles la toxicité du cuivre est diminuée par la présence d'éléments antagonistes. Le sulfure de cuivre et les poly et oxysulfures sont adhérents sur les plantes, assez insolubles pour ne pas causer de brûlures, assez solubles dans les eaux de pluie, assez purs pour que la toxicité n'en soit pas diminuée. Leur emploi permettrait de réduire le nombre des traitements.

M. Rau.

Faes (H.). — **Rapport annuel 1933.** *Annuaire Agr. de la Suisse*, 1934.

A côté de nombreux travaux d'ordre biologique et cultural, il faut noter des études sur le cuivre et l'arsenic dans les vins. La teneur en cuivre des vins fermentés est beaucoup plus faible que celle des moûts, et hors de proportion avec la quantité de cuivre adhérant au raisin au moment de la récolte. Si la consommation des vins contenant du cuivre est sans danger, il n'en est peut-être pas de même pour celle des moûts, dans le cas de consommateurs très jeunes ou âgés, et présentant certaines insuffisances de l'organisme. Sur 100 parties de cuivre restant sur le raisin, 63 se retrouvent dans les marcs, 33 dans les lies et 3 dans le vin. Sur les résidus d'arsenic, les chiffres suivants sont indiqués : dans le raisin, 3 ou 4 milligrammes par kilogramme ; dans les moûts, 0,125 à 0,525 milligrammes par litre ; dans le vin, des traces.

M. Rau.

Peters (G.). — **Les poudrages au soufre contre les champignons et les animaux parasites.** (Schwefelverstaübung zur Bekämfung von pilzlischen und tierischen Schädlingen.) *Anz. f. Schädlings.*, t. X, p. 34-35, 1934.

En Californie, on utilise les poudrages de soufre très fin, non seulement contre les champignons, mais contre certains insectes comme l'araignée rouge et les cochenilles des *Citrus.* Il en est même en Afrique du Sud contre les Thrips et l'araignée rouge de l'oranger. On a réussi à combiner en un seul traitement l'emploi du soufre très fin et du cyanure de calcium. Le mélange au cyanure de 10 à 50 p. 100 de soufre renforce les actions propres des deux produits.

M. Rau.

Reed (H.). et Dufrenoy (J.). — **Détection histochimique du fer et du zinc dans les feuilles de *Citrus*.** *C. R. Ac. des Sc.*, t. CXCVIII, p. 1535-1537, 1934.

Les *Citrus* de Californie sont souvent atteints d'une bigarrure qui semble due à une carence alimentaire. Le traitement consiste à incorporer au sol, au pied de chaque arbre, plusieurs kilogrammes de sulfate de zinc. Des techniques histochimiques permettent de mettre en évidence le zinc dans les cellules chlorophylliennes des arbres guéris.

M. Rau.

Young (M. T.). — **Essais de plein champ pour la destruction de l'anthonome du cotonnier, à Tallulah, Louisiane, en 1933.** (Field-plot tests for boll weevil control at Tallulah, La., during 1933.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 749-756, 1934.

Plusieurs produits ont été essayés contre *Anthonomus grandis* qui attaque le cotonnier. Seuls les arsenicaux sont efficaces; le plus actif est le mélange d'arséniate de chaux et d'arsénite de cuivre; l'arséniate de chaux additionné de Vert de Paris est également intéressant. Les composés fluorés n'augmentent pas les rendements et parfois les diminuent; le fluosilicate de soude a causé des brûlures.

M. Rau.

Eddy (C. O.). — **Emploi de produits tirés du pin méridional pour la destruction d'*Aphis rumicis*.** (The role of some southern pine products in the control of *A. rumicis.*) *Journ. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 398-400, 1934.

Les goudrons de pin (*Pinus palustris*) et les huiles qui en dérivent peuvent être combinés avec le savon potassique d'huile de coco. Ils constituent alors d'excellents mouillants et ont une toxicité propre. Les goudrons, c'est-à-dire le mélange des fractions distillant au-dessus de 200°, sont plus efficaces que les parties légères, qui forment les huiles de pin. Le savon d'huile de coco est par lui-même un excellent insecticide contre les Aphides, et un bon mouillant pour la nicotine. L'addition de goudron de pin augmente encore la toxicité du mélange. Avec l'eau calcaire, il faut ajouter à la nicotine pure diluée à 1/1.500e, 4 parties du mouillant goudron + savon de coco pour 100 parties de solution nicotinée. Le produit ainsi formé détruit les *Aphis rumicis* en serre.

M. Rau.

Hamilton (C. C.) et Gemmel (L. G.). — **Essais de pleins champs sur l'efficacité comparée des poudres de derris, pyrèthre et hellébore à l'égard de différents insectes.** (Some field tests showing the comparative efficiency of derris, pyrethrum and hellebore powders on different insects.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 446-453, 1934.

Les différentes poudres ont été essayées en dilution avec de l'argile, sur plusieurs aphides et coléoptères. La poudre d'hellébore est presque toujours inactive. Le pyrèthre et le derris se différencient, le premier par son action rapide, le second par sa persistance. Par exemple, sur *Erythroneura comes*, le derris reste toxique pendant 6 jours, tandis que le pyrèthre a perdu presque toute son activité au bout de 3 jours. Les poudres à 1,5 p. 100 de nicotine n'ont souvent qu'une action anesthésique sur les aphides.

M. Rau.

Godfrey (G. H.). — **Rétention de la chloropicrine et d'autres gaz dans les techniques de fumigation.** (The confinement of chloropicrin and other gases for fumigation purposes.) *Phytopathology*, t. XXIV, p. 1366-1373, 1934.

Dans les traitements du sol par la chloropicrine, pour lutter contre *Heterodera marioni*, il est nécessaire d'empêcher l'évaporation du gaz. Une couverture de papier est complètement insuffisante. Le papier doit être enduit de glu, de gélatine, d'amidon, ou encore d'acétate de cellulose. Le produit le meilleur et le moins cher est la colle animale. On a essayé avec moins de succès le papier goudronné et le papier peint à l'huile. Pour retenir le sulfure de carbone, l'imprégnation doit être faite à la colle caséinée. Ces techniques peuvent être appliquées à la désinsectisation des grains.

M. Rau.

Finkelstein (A.). — **Racines de derris et roténone.** (Derriswurzel und rotenon.) *Pflanzenbau*, 1934, t. X, p. 271-283.

L'auteur passe en revue toute la question du Roténone. Les plantations de derris (*D. ellipica* et *D. malaccensis*) occupent dans les îles de la Sonde et la Malaisie 5.000 hectares produisant chacun 2.500 tonnes de racines tous les 2 ans. Le maximum de teneur en roténone est atteint au bout de 21 à 23 mois. Les racines contenant au minimum 4 p. 100 de roténone valent environ 18 francs le kilogramme. La valeur totale de la production annuelle est de 30 à 60 millions de francs. On vend également, comme source de roténone, les racines de *Lonchocarpus* qui en contiennent jusqu'à 11 p. 100. La seule plante à roténone, d'ailleurs assez pauvre, pouvant être cultivée dans les régions tempérées, est *Cracca* (ou *Tephrosia*) *Virginiana*, qui pousse spontanément dans tout l'est des États-Unis. La chimie du roténone est rapidement indiquée, ainsi que ses propriétés toxiques. A noter la toxicité sur les animaux à sang chaud. La dose mortelle du produit pur est, pour le rat, de 12 milligrammes 5 par kilogramme; le chien, le chat, le porc et le mouton sont beaucoup moins sensibles : la dose de 2 grammes par kilogramme est sans action sur eux. Pour les insectes, de nombreux chiffres de toxicité sont indiqués; sur une espèce déterminée, ils varient de 0 milligr. 003 par gramme pour le roténone à plus de 1 milligr. 5 pour le toxicarol; la dose correspondante en arséniate de plomb est de 0 milligr. 09. L'article se termine par une étude sur l'utilisation pratique des poudres et extraits de derris.

M. Rau.

Sprengel (L.). — **État actuel de nos connaissances sur la valeur insecticide du pyrèthre.** (Gegenwärtiger Stand der Kenntnisse über *Pyrethrum* als Insektengift.) *Anz. für Schädlings.*, t. X, p. 1-7, 14-21 et 111-115, 1934.

Excellente mise au point de nos connaissances actuelles sur la question du pyrèthre. Les points envisagés sont les suivants : données statistiques et remarques sur la culture de *Chrysanthemum cinerariaefolium*, propriétés chimiques et toxicologiques des pyréthrines, techniques d'analyse chimique, action physiologique sur les insectes, doses minima mortelles pour différentes espèces d'insectes, influence des facteurs extérieurs sur la toxicité, applications pratiques du pyrèthre. Une importante bibliographie accompagne ce travail.

M. Rau.

Worsley (R. R.). — **Propriétés insecticides de quelques plantes de l'Est africain.** (The insecticidal properties of some East African plants.) *Ann. of Appl. Biol.*, t. XXI, p. 649-669, 1934.

Plusieurs plantes indigènes ont été expérimentées, comparativement avec le sulfate de nicotine. *Tephrosia Vogelii* peut donner un extrait aussi actif; les extraits de *Cassia didymobotrya* et de *Barringtonia racemosa* présentent une toxicité moitié moindre.

M. Rau.

Campbell (F. L.), Sullivan (W. N.), Jones (J. A.). — **Pulvérisations sur la mouche domestique au moyen d'extraits de derris dissous dans le kérosène.** (Kerosene extracts of derris root as house fly sprays.) *Soap*, t. X, p. 81-87 et 103-107, 1934.

Différents extraits de *Derris*, de *Lonchocarpus* et d' « haiari » se sont montrés actifs contre la mouche domestique, le maximum d'activité appartenant au *Derris*. Le roténone n'est pas le seul principe actif dissous dans le kérosène, mais il paraît le plus important. L'évaluation des teneurs en méthoxyle donne une indication plus exacte de la valeur insecticide que le dosage du roténone. Les bons échantillons de Derris ont été comparés au Pyrèthre. Celui-ci amène plus facilement la paralysie, mais le derris tue à moindre dose. Pratiquement l'extrait de Derris dans le kérosène est efficace pour la destruction des mouches.

M. Rau.

Carter (R. H.). — **Étude sur les solvants utilisés pour l'élimination des résidus d'arséniate de plomb sur les fruits.** (On investigation of solvents for the removal of lead arsenate residues from fruits.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 848-853, 1934.

Le lavage des résidus d'arséniate de plomb sur les fruits peut s'obtenir par deux processus : une vraie solubilisation, dans laquelle le plomb et l'arsenic se dissolvent en même temps en quantités correspondantes, une décomposition à la suite de laquelle l'un ou l'autre des éléments peut rester insoluble. La plupart des acides minéraux attaquent l'arséniate de plomb ; l'acide chlorhydrique forme très facilement des sels solubles avec l'arsenic et le plomb. Les acides sulfurique et chromique, dont les sels de plomb sont insolubles, dissolvent mieux l'arsenic, mais moins bien le plomb. Les sels, additionnés ou non d'acide, n'ont pas d'action dissolvante appréciable ; le chlorure de sodium à haute concentration, peut aider l'action de l'acide chlorhydrique, en dissolvant le chlorure de plomb. Le silicate de soude et la soude caustique dissolvent des quantités appréciables des deux éléments toxiques. Les alcalis faibles sont peu actifs. L'addition de sels aux alcalis paraît avantageuse. Les mouillants et les savons aident le lavage par une action physique, mais sans jouer aucun rôle dans la solubilité.

M. Rau.

Billings (S. C.). — **Inefficacité du paradichlorobenzène, du naphtalène et de l'huile de cèdre comme répulsifs contre les mites des vêtements.** (Paradichlorobenzène, naphtalène and the cedar oils inefficient as repellants against clothes moth adult.) *J. Econ. Entom.*, t. XXVII, p. 401-405, 1934.

Des flacons contenant les trois produits considérés sont couverts simplement d'un morceau de flanelle et placés dans une cage contenant des mites adultes (*Tineola biselliella*). Celles-ci pondent sur la flanelle et les larves s'y développent.

M. Rau.

Lipp (J. W.). — **Efficacité du paradichlorobenzène et du naphtalène pour empêcher la ponte de *Popillia Japonica*.** (The effectiveness of paradichlorobenzène and naphtalene in preventing oviposition by the japanese beetle.) *J. Econ. Entom.*, t. XVII, p. 500-502, 1934.

Le paradichlorobenzène répandu en couche mince sur le sol, puis recouvert de terre, empêche la ponte des insectes pendant 18 jours Le naphaline réduit considérablement cette ponte et son action persiste plus longtemps. Les doses employées sont de 30 à 60 grammes par mètre carré.

M. Rau.

TABLE DES MATIÈRES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

I. MÉMOIRES ORIGINAUX.

II. TABLE PAR NOMS D'AUTEUR.

(*Les noms composés en caractères gras rappellent les mémoires originaux.*)

TABLE MÉTHODIQUE.

I. PHYTOGÉNÉTIQUE.

Pages.

II. PATHOLOGIE VÉGÉTALE.

Céréales.

Cultures industrielles.

Cultures maraîchères.

Arbres fruitiers.

Vigne.

Cultures méditerranéennes.

Cultures exotiques.

Arbres forestiers.

Plantes d'ornement.

Mycologie.

Divers.

III. ZOOLOGIE AGRICOLE.

IV. PHYTOPHARMACIE.

Imprimerie Nationale. — J. 9085-35.

